

Juuso Vuorela

# **Vuoden 1977 pientalon LVI-järjestelmän perusparannussuunnitelma**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Juuso Vuorela

Työn nimi: Vuoden 1977 pientalon LVI-järjestelmän perusparannussuunnitelma

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 49

Liitteiden lukumäärä: 15

---

Tässä työssä käsitellään Forssassa sijaitsevan vuonna 1977 rakennetun omakotitalon LVI-tekniisiä ratkaisuja sekä niiden uudelleen suunnittelemista.

Työn tavoitteena on rakennusmääräysten mukaisten ilmanvaihto-, vesi- ja viemäriverkoston suunnitelmien laatiminen omakotitaloon. Kohteessa on käytössä koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä ja alkuperäiset lämmitys- ja käyttövesiputket.

Rakennukseen suunniteltiin uudet pintaan asennettavat lämmitys- ja käyttövesiputket sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä vastavirtateknikalla toimivalla levylämmönvaihtimella. Kohteelle laskettiin myös E-luku.

Kanaviston ja putkiston suunnittelu on tehty MagiCAD 2015 -ohjelmistoa käyttäen ja E-luvun laskenta on tehty Laskentapalvelut-internetsivuston E-luvun laskenta ohjelmistoa käyttäen. Komponenttien valinnassa on käytetty MagiCAD-ohjelman ja laitteiden valmistajien esitetietoja.

Työssä on käsitelty ilmanvaihto-, vesi- ja viemärijärjestelmien mitoitusta sekä laadittu uudet viemäripiirustukset. Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun laskennan periaate on myös käyty läpi.

Avainsanat: E-luku, pientalo, ilmanvaihto, käyttövesi, viemäriverkosto, lämmitysverkosto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HPAC Technology

Author: Juuso Vuorela

Title of thesis: Renovation plan of the HPAC system of a 1977 one-family house

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2016

Number of pages: 49

Number of appendices: 15

---

The aim of the thesis was to explore and plan new solutions for the renovation of heating, plumbing and ventilation systems in single-family house in Forssa. The house was built in 1977 and the heating, plumbing and ventilation systems were original.

New radiator and supply pipes were designed to be installed as surface mounting in the ceiling, and a mechanical extract ventilation system was changed to balance the ventilation system. Also energy performance certificates were calculated for the house.

The planning of an HPAC system was made using the MagiCAD 2015 software and the calculation of the energy performance certificates were made on the Las-kentapalvelu website.

The dimensioning of the HPAC systems was dealt with in the work and the new drawings of the sewer networks were also made to the building. The principle of the calculation of the energy performance certificates was also studied.

Keywords: Energy performance certificate, single-family house, ventilation, water supply, sewer system, heating system

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
1 JOHDANTO .....	9
2 PIENTALON LVI-JÄRJESTELMÄT 1970-LUVULLA .....	10
2.1 Lämmitysjärjestelmä .....	10
2.2 Käyttövesijärjestelmä .....	11
2.3 Viemärit.....	12
2.4 Ilmanvaihtojärjestelmä .....	13
3 LVI-JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU .....	15
3.1 Rakennuksen yleistiedot .....	15
3.2 Lämmitysverkosto .....	16
3.3 Käyttövesi- ja viemärilaitteet .....	18
3.3.1 Käyttövesiputkisto .....	18
3.3.2 Viemäriputkisto .....	23
3.4 Ilmanvaihto.....	27
3.4.1 Kanavisto .....	28
3.4.2 Päätelaitteet .....	28
3.4.3 Ilmanvaihtokone.....	31
3.4.4 Äänenvaimennus .....	34
3.4.5 Ulkoilmasäleikkö ja ulospuhallushajotin .....	35
4 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIANKULUTUS .....	37
4.1 Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve .....	40
4.1.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt.....	41
4.1.2 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve .....	41
4.1.3 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve.....	42
4.2 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve .....	42
4.3 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus .....	43

4.4 Lämpökuormat .....	43
4.5 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	44
4.6 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus.....	44
5 YHTEENVETO.....	46
LÄHTEET .....	47
LIITTEET .....	49

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kohderakennus.....	9
Kuva 2. Kohteen kaukolämmönvaihdin.....	16
Kuva 3. Kohderakennuksen välikattotila. ....	28
Kuvio 1. Kaukolämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden suhteelliset osuudet vuonna 2013 .....	11
Kuvio 2. Aukkaan vuorokautinen vedenkulutus.....	12
Kuvio 3. Jakojohdon mitoitusvirtaama asuinrakennuksissa .....	21
Kuvio 4. Jakojohdon sisähalkaisijan riippuvuus normivirtaamien summasta mitoitusvirtaaman virtausnopeudella 2 m/s .....	22
Kuvio 5. Viemärin mitoitusvirtaaman riippuvuus normivirtaamien summasta.....	25
Kuvio 6. Tuuletettu viettoviemäri. Koot ja kaltevuudet muoviputkelle .....	26
Kuvio 7. Ristivirtaus .....	32
Kuvio 8. Ilmanvaihtokoneen kanavalähdöt.....	32
Kuvio 9. Vallox 096 MC ilmanvaihtokone .....	34
Kuvio 10. Vallox 125x450 äänenvaimentimet .....	35
Kuvio 11. USAV ulkoilmasäleikkö .....	35
Kuvio 12. VHL ulospuhallushajotin.....	36
Kuvio 13. Energiakulutuksen laskennan vaiheet.....	38
Kuvio 14. Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot .....	39

Kuvio 15. Lämmitysjärjestelmälaskennan periaate .....	44
Taulukko 1. Kohderakennuksen rakennusvaipan rakenteet. ....	15
Taulukko 2. Lämpöhäviöraportti CADS-ohjelmistolla. ....	17
Taulukko 3. Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat .....	19
Taulukko 4. 1) Todennäköisyys, ettei tarvittavaa vesivirtaa (normivirtaama) saavuteta .....	20
Taulukko 5. Muovisten kytkentäjohtojen sisähalkaisijan valintataulukko.....	22
Taulukko 6. Viemäripisteiden normivirtaamat .....	24
Taulukko 7. Tuulettamattoman kytkentäviemärin putkikoko, pituus ja putouskorkeus.....	25
Taulukko 8. Tuulettamaton vaaka- ja pystykokoojaviemäri.....	26
Taulukko 9. Tuuletusviemärin mitoitus.....	27
Taulukko 10. Ilmamäärät päätelaitteille.....	30
Taulukko 11. Rakennuksen ilmavirrat. ....	31
Taulukko 12. Kohde rakennuksen U-arvot ja U-arvovaatimukset. ....	40
Taulukko 13. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti .....	42

## Käytetyt termit ja lyhenteet

### **E-luku**

E-luvulla eli rakennuksen kokonaisenergiankulutuksella ( $\text{kWhE}/(\text{m}^2 \text{ vuosi})$ ) tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden.



## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on päivittää vuoden 1977 pientalon LVI-järjestelmä vastaamaan nykypäivän standardeja. Rakennukseen suunniteltiin uusi lämmitys- ja käyttövesiputkisto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto nykyisen koneellisen poistoilmavaihdon tilalle. Myös viemäriverkostosta tehtiin uudet piirustukset, koska vanhoja piirustuksia ei ole. Työssä tehtiin tarvittavat LVI-piirustukset rakennuksen perusparannuksen toteuttamiseksi. Myös rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku laskettiin. Työssä on käsitelty vain kohderakennuksen LVI-tekniisiä järjestelmiä ja niiden historiaa.

Rakennuksen lämmitys- ja käyttövesijärjestelmä ovat alkuperäisessä kunnossaan, sekä ilmanvaihto on alkuperäinen koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Vanhat lämmitys- ja käyttövesiputket ovat rakenteiden sisällä kulkevia ja alkavat olemaan käyttöikänsä päässä. Uusissa suunnitelmissa komposiitti- ja kupariputket asennetaan pinta-asennuksena kattoon ja seinään. Lisäksi rakennuksen viihtyisyyttä, energiatehokkuutta ja asumismukavuutta saataisiin parannettua lämmöntalteenotollisella koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Työn suunnitelmat ovat suunnattu kohteen asukkaille.



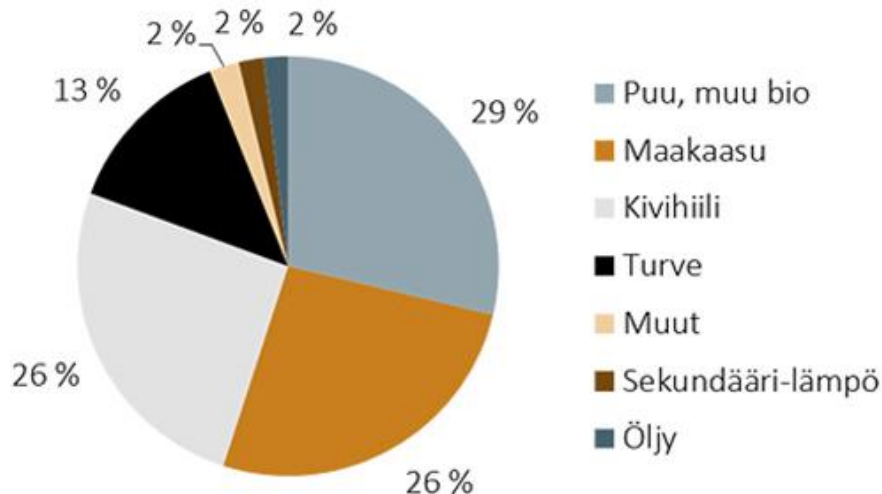
Kuva 1. Kohderakennus.

## 2 PIENTALON LVI-JÄRJESTELMÄT 1970-LUVULLA

### 2.1 Lämmitysjärjestelmä

Kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto Suomessa. Se on luonnollinen, tehokas, edullinen ja varma taajamien lämmitystapa. Suomessa alettiin liittää rakennuksia kaukolämpöverkostoon 1950-luvun alusta lähtien. Suomessa noin 2,7 miljoonaa ihmistä asuu kaukolämpötaloissa. Lämmitysmarkkinoista noin 46 prosenttia on kaukolämmitystä. Mitä isompia rakennukset ovat ja mitä tiheämmin rakennettu alue on, sitä edullisempaa kaukolämmitys on. Lähes 95 % asuinkerrostaloista sekä valtaosa liikerakennuksista ja julkisista rakennuksista ovat kaukolämmitettyjä. Omakotitaloista vain runsas 7 % on kaukolämmitettyjä. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön markkinaosuus on yli 90 %. (Energiateollisuus, [Viitattu 24.3.2016].)

Kaukolämpöä tuotetaan lämpövoimalaitoksissa, jotka tuottavat polttoaineesta lämpöä sekä sähköä. Talokohtaisten keskuslämmityslaitteiden hyötysuhde on paljon alhaisempi kuin suurten laitosten hyötysuhde. Päästöt ovat alhaisemmat kuin suurissa, tarkasti valvotuissa laitoksissa. Kaukolämpölaitoksen verkostossa kiertää kuuma +116-asteinen tulovesi, josta rakennuksen lämmönsiirtimet ottavat lämpöenergiansa lämmitykseen ja käyttöveteen. (Päärni 2013, 12.) Kuviossa 1 kaukolämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden suhteelliset osuudet vuonna 2013.



Kuvio 1. Kaukolämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden suhteelliset osuudet vuonna 2013 (Motiva, kaukolämpö, [Viitattu 28.3.2016]).

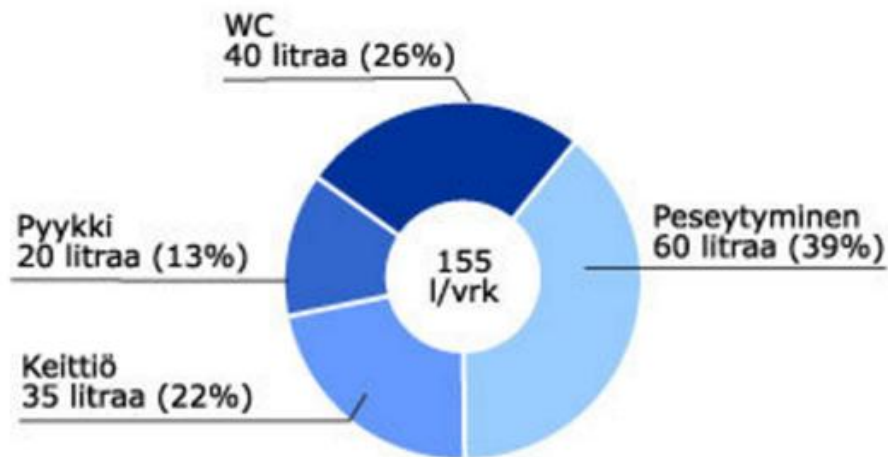
Vanhojen pientalojen lämmitysjärjestelmien putkiverkostoissa liitoskohdat ovat yleensä eniten vuotoalttiita. Omakotitaloissa kaukolämpölaitteiden kunnosta sekä hoitamisesta vastaa kiinteistön omistaja. (Pääni 2013, 12.)

## 2.2 Käyttövesijärjestelmä

Käyttövesijärjestelmät toteutettiin yleensä joko teräs- tai kupariputkella 1970-luvulla. Kupariputkien käyttöikä voi olla jopa 30 vuotta, mutta epäsuotuisissa olosuhteissa pistekorrosio voi aiheuttaa vuotoja muutamien vuosien käytön jälkeen. Korrosoitumiseen vaikuttaa muun muassa veden laatu ja käyttöolosuhteet. Myös asennusvirhe, jäätyminen sekä mekaaninen vaurio voi aiheuttaa vuotoja. (Kekki 2008, 63, 143.)

Käyttövesiputket asennettiin yleensä 1970-luvulla rakenteiden sisälle. Nykyisin saneerauskohteissa putket asennetaan pinta-asennuksina seinään tai kattoon, jolloin niitä on jatkossa helppo huoltaa ja tarkastaa. Näin havaitaan ajoissa myös mahdolliset vuodot. Vanhojen putkien poistaminen olisi kallis ja vaivalloinen työ, joten ne jätetään remontissa paikoilleen. Niistä ei ole rakenteissa mitään haittaa. Vanhat putket vedetään lattian tai seinänrajasta poikki, vedet imuroidaan pois ja

putket tulpataan. Uusien putkien materiaaliksi valikoituu nykyään joko kupari-, muovi- tai komposiittiputki. (Seppälä 2012)



Kuvio 2. Asukkaan vuorokautinen vedenkulutus (Motiva, vedenkulutus, [Viitattu 10.5.2016]).

### 2.3 Viemärit

Suomessa aloitettiin 1960-luvulla käyttämään muoviviemäriputkia. Ensimmäiset putket olivat PVC-muovia. Näitä alkuvaiheen putkia on jouduttu vaihtamaan vaurioiden vuoksi. Syinä ovat olleet jännitykset, asennuksen virheet ja materiaalin haurastuminen. (Markelin-Rantala 2008, 6.)

Yksi kiinteistöjen suurimmista ongelmista on ollut vesi- ja viemäriputkistojen korrosio. Korrosio ilmenee esimerkiksi vesivuotoina sekä virtaus- ja painehäviöinä, kun putken poikkipinta-ala pienenee korroosion ja kerrostumien vaikutuksesta. (Poxytex 2011)

Kestävämmät PVC-putket ja muut muoviputket tulivat käyttöön 1970-luvulla. Kiinteistöjen viemärit ovat jo tyypillisesti rakennettu PVC-putkesta 1970-luvulla ja 1975-luvusta lähtien PVC-HT-viemäriputkimateriaalista, jonka käyttöikä on noin 60 vuotta. Siksi lähtökohtaisesti viemärijärjestelmää ei saneerata 30–40 vuoden käytön jälkeen, toisin kuin käyttövesiputkia. Yleisimmät muoviviemärimateriaalit ovat nykyään PVC-, PP- tai PEH-muovia. (Poxytex 2011)

## 2.4 Ilmanvaihtojärjestelmä

Oikein toimiva ilmanvaihto tuo raikasta ilmaa sisätiloihin sekä poistaa sisäilman epäpuhtauksia ja kosteutta. Hyvän ilmanvaihdon tarkoituksena on saada rakennukseen terveellinen ja viihtyisä sisäilma. Rakennusten ilmanvaihto järjestetään siten, että ulkoilmaa tuodaan oleskelutiloihin, kuten makuu- ja olohuoneisiin ja ilmaa poistetaan tiloista, joissa epäpuhtauksia syntyy, kuten WC:stä, keittiöstä, vaatehuoneesta sekä pesu- ja kylpyhuoneesta. (Motiva, Energiatehokas ilmanvaihto 2010, 2.)

Ilmanvaihto perustuu paine-eroon, missä ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään. Ilmanvaihto voi olla joko luonnollinen eli painovoimainen tai koneellinen. (Motiva, Energiatehokas ilmanvaihto 2010, 2.)

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa paine-ero saadaan aikaan asunnon ja ulkoilman lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella. Koneellisessa ilmanvaihdossa paine-ero tuotetaan puhaltimilla. (Motiva, Energiatehokas ilmanvaihto 2010, 2.)

Painovoimainen ilmanvaihto oli yleisin ilmanvaihtotapa 1980-luvun loppuun saakka. Sen avulla onkin vaikea saada hyvää sisäilmastoa energiatehokkaasti, koska ilmanvaihdon ilmapirrat vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan. Kylmällä säällä ilmanvaihto on suurimmillaan ja lämpimällä säällä riittämätön. Korvausilma järjestelmässä saadaan yleensä erilaisten rakojen, ikkunoiden ja ovien kautta. (K-rauta, [Viitattu 1.4.2016].)

Koneellinen poistoilmanvaihto yleistyi 1960-luvulta lähtien. Siinä likainen sisäilma poistetaan puhaltimen avulla. Korvausilma otetaan ulkoilmaventtiilien tai ikkunarakojen kautta. Sen suurimpana ongelmana on huono energiatehokkuus ja pakkasäässä kuiva sisäilma sekä vedontunne. (K-rauta, [Viitattu 1.4.2016].)

Korjattaessa vanhaa taloa energiatehokkaammaksi on aina varmistettava ilmanvaihdon riittävyys. Tiiviiksi kunnostettu vanha rakennus ei kierrätä ilmaa normaalilla tavalla, mikä johtaa siihen, että asumismukavuus laskee sekä kosteusvaurioiden riski kasvaa. Remontin yhteydessä kannattaakin poistoilmanvaihto korvata tehokkaalla lämmöntalteenotolla varustetulla koneellisella ilmanvaihdolla. Sillä varmistetaan riittävä ilmanvaihto energiatehokkaammassa talossa. Julkisivure-

montin yhteydessä taloon kannattaa asentaa ainakin raitisilmaventtiilit. Korvausilman määrä voi jäädä riittämättömäksi, kun vanhan talon tiiveyttä parannetaan. Siksi uusissa ikkunoissa voi olla tuloilmakanavat. (K-rauta, [Viitattu 1.4.2016].)

### 3 LVI-JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

#### 3.1 Rakennuksen yleistiedot

Kohteena työssä on vuonna 1977 valmistunut, asuinpinta-alaltaan 96,5 m<sup>2</sup> omakotitalo Forssassa. Rakennuksen kokonaisala on 116 m<sup>2</sup> ja tilavuus on 290 m<sup>3</sup>. Liitteessä 1 on rakennuksen pohjakuva.

Rakennuksen ulkoverhous on toteutettu 85 mm tummankirjavalla punamoduulitiilillä. Taloon on tehty ikkunaremontti vuonna 2013 ja yläpohjan eristävyttä on parannettu vuonna 2012. Yläpohjaan on lisätty Parocin puhallusvillaa 250 mm.

Taulukko 1. Kohderakennuksen rakennusvaipan rakenteet.

<b>YLÄPOHJA</b>	Puhallusvilla 250 mm	Min.villa 200 mm, kattopalkit 75*200 mm	Muovitiivistyspaperi	Harva laudoitus 22*100 mm	Lauta 19 mm		
<b>ULKOSEINÄ</b>	Moduulitiili 85 mm	Ilmarako	Bituliitti 12 mm	Vaakarimat 50*50, min.villa 50 mm	Runko 50*100, min.villa 100 mm	Muovitiivistys paperi	Lastulevy 12 mm
<b>ALAPOHJA</b>	Lattiapäällyste	Betonilaatta 60 mm	Solumuovilevy 100 mm	Sora 200-300 mm			

Kohteen LVI-järjestelmät ovat alkuperäisessä kunnossaan, lukuun ottamatta vuonna 2008 uusittua kaukolämmön lämmönvaihdinta ja vuonna 2006 uusittua pesuhuonetta. Pesuhuoneen lämmitys on muutettu vesikiertoisesta patterilämmityksestä vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Muutos on toteutettu liittämällä lattialämmityspiiri pesuhuoneessa sijaitsevan patterin putkiin.

Nykyinen kaukolämmönvaihdin on Danfossin pientalokeskus PKL-112. Lämmitysputkiston liitokset on tehty hitsaamalla ja kierreltiimillä. Putkiston materiaalina on käytetty mustaa teräsputkea. Käyttövesiputkiston liitokset on tehty juotos- ja puristusosilla. Materiaalina on käytetty kupariputkea. Lämpö- ja vesijohdot on asennettu koteloituna betonilaatan alapuolella sijaitsevaan styroksi-eristekerrokseen. Eriste-

kerroksen paksuus on kauttaaltaan 100 mm. Rakennuksessa on koneellinen pois-toilmanvaihto, jonka kanavisto on toteutettu kierresaumaputkella. Korvausilma kohteessa otetaan ikkunarakojen kautta.

Kaikki työn uudet piirustukset ja suunnitelmat on toteutettu MagiCAD 2015 -ohjelmistolla.



Kuva 2. Kohteen kaukolämmönvaihdin.

### 3.2 Lämmitysverkosto

Uuden lämmitysverkoston suunnittelu alkoi pohjakuvien tarkastelulla ja putkimateriaalin valinnalla. Putkien materiaaliksi valikoitui valkoinen Uponorin komposiittiputki sen helpon asennustavan, soveltuvuuden pinta-asennukseen ilman pintakäsittelyä ja edullisuuden vuoksi. Vanhat teräksiset putket tyhjennetään, leikataan lattian tai seinänrajasta poikki ja tulpataan. Uudet runkoputket asennetaan yläjakoisesti 2400 mm korkeuteen koteloon ja näkyville, pinta-asennuksena kattoon ja seinään. Liitokset tehdään komposiittiputken liittämiseen tarkoitetuilla puristusliittimillä, jolloin vältetään tulityötä. Liitteessä 2 uusi lämmitysverkoston suunnitelma.



Rakennuksen lämmitystehontarve laskettiin CADS-ohjelmiston avulla, jolla saadaan uusien pattereiden huonekohtaiset lämmitystehot (taulukko 2). Pattereiden sijainnit eivät muutu, mutta kaksi lämmityspatteria poistettiin niiden turhuuden takia.

Taulukko 2. Lämpöhäviöraportti CADS-ohjelmistolla.

N:o	TILA	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kerroin	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>3</sup>	W
1	MH	10.0	25.5	1.0	49.1	19.3	491
2	TV HUONE	11.5	29.0	1.0	44.0	17.4	506
3	VIERAS HUONE	7.5	18.5	1.0	37.1	15.0	278
4	VH1	1.5	3.5	1.0	36.7	15.7	55
5	VH2	1.5	3.5	1.0	12.7	5.4	19
6	ET	8.5	21.0	1.0	16.6	6.7	141
7	TK	2.0	4.5	1.0	85.5	38.0	171
8	WC	2.0	5.0	1.0	14.0	5.6	28
9	PE	5.0	12.5	1.0	35.2	14.1	176
10	S	3.5	8.5	1.0	40.0	16.5	140
11	TEKN	2.5	6.0	1.0	79.2	33.0	198
12	KHH	8.0	20.0	1.0	33.0	13.2	264
13	K	13.0	33.0	1.0	32.2	12.7	419
14	OH	20.0	50.0	1.0	40.0	16.0	801
YHTEENSÄ		96.5	240.5		38.2	15.3	3687

Rakennuksen lämmitystehontarve lasketaan tilakohtaisesti, jotta voidaan mitoittaa ja valita tilakohtaiset lämmityslaitteet. Lämmitystehontarve riippuu rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmavuodoista ja ilmanvaihdosta. Lämmitystehontarve lasketaan paikkakunnan mitoittavalla ulkoilman lämpötilalla, joka on kohteessa -26 °C. (D5 2012, 59.)

Johtumislämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain rakennusvaipan läpi. Jokaiselle ulkoseinälle, yläpohjalle, alapohjalle, ikkunalle, ovelle ja kylmäsilalle määritetään johtumislämpöhäviö, kWh. Näiden kaikkien summasta muodostuu johtumislämpöhäviöt, kWh. (D5 2012, 60.)

Vuotoilman lämpöhäviö muodostuu rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsemasta energiasta (D5 2012, 61).

Tilakohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa on otettava huomioon ulkoilman lämpenemisen teho, jos ilmanvaihtoon tarvittava ulkoilma tai osa siitä tuodaan tiloihin suoraan ulkoa. Ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman jälkilämmitys otetaan huomioon ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoituksessa. (D5 2012, 59.)

Rakennuksen lämmitystehontarve saadaan tilakohtaisten samanaikaisten lämmitystehontarpeiden summana, johon lisätään mahdollisen tuloilman lämmitystehontarve sekä lämpimän käyttöveden lämmityksen tehontarve. (D5 2012, 59.)

### **3.3 Käyttövesi- ja viemärilaitteet**

Uuden käyttövesijärjestelmän suunnittelu alkoi myös pohjakuvien tarkastelulla ja putkimateriaalien valinnoilla. Liitteessä 3 uusi käyttövesiverkoston suunnitelma. Uusien runkoputkien materiaalina käytetään myös valkoista Uponorin komposiittiputkea. Runkoputket asennetaan yläjakoisesti 2450 mm korkeuteen koteloon ja näkyville, pinta-asennuksena kattoon ja seinään. Liitokset tehdään komposiittiputken liittämiseen tarkoitetuilla puristusliittimillä. Runkoputkista haarautuvat putket ovat kromikuparia, koska ne ovat esteettisiä ja ne kestävät paremmin ulkoiset mekaaniset rasitukset. Osa vesikalusteista on uusittu vuosien mittaan, joten niihin ei tehdä muutoksia suunnitelmissa.

Rakennuksen viemäriverkostolle ei tehdä muutoksia suunnitelmissa eikä kalusteita vaihdeta. Uusi suunnitelma verkostosta on liitteessä 4. Materiaalina verkoston suunnitelmassa käytetään PP-muovia.

#### **3.3.1 Käyttövesiputkisto**

Putkiston suunnittelu alkaa putkiston mitoituksella ja materiaalinvalinnalla. Laitteisto mitoitetaan siten, että vesikalusteesta saadaan käyttötarkoitukseen riittävä ja tasainen virtaama, laitteiston aiheuttama äänitaso ei ylitä rakentamismääräyskoelman osan C1 mukaisia äänitasoja eikä siinä esiinny haitallisia paineiskuja. (D1 2007, 34.)

Ensimmäisenä valitaan normivirtaamat ja summataan ne. Normivirtaama ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ) on vesipisteestä saatavan virtaaman ohjearvo. Taulukosta 3 käy ilmi jokaisen vesikalusteen mitoituksessa käytettävä normivirtaama. Nämä normivirtaamat laskeaan yhteen, jolloin saadaan normivirtaamien summa. Normivirtaamien summa

täytyy laskea sekä kylmän että lämpimän veden jakojohdo-osuudelle. (D1 2007, 35.)

Taulukko 3. Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat (D1, 2007, 35).

Vesipiste <sup>1)</sup>	Normivirtaama $q_n$ , dm <sup>3</sup> /s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	$0,07 + 0,03 n$	$0,07 + 0,03 n$
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	$0,14 + 0,06 n$	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	$0,14 n$	$0,14 n$
Teollisuus ym. laitteet	Lask. erikseen	-

<sup>1)</sup> Jos vesikalusteissa on vaihtoehtoisia ulostuloja, otetaan mitoituksessa huomioon vain suurimman virtaaman antava ulostulo. Ulostuloksi luetaan tässä yhteydessä myös järjestely, jossa kalusteesta johdetaan vesi jollekin laitteelle, esimerkiksi pesukoneelle, helposti irrotettavan kytkennän kautta.

Seuraavaksi määritetään mitoitusvirtaamat kullakin jakojohdo-osuudella.

Jakojohdon mitoitusvirtaaman saadaan yhtälöstä

$$q = q_{N1} + \theta (Q - q_{N1}) + A(q_m \theta) 0,5(Q - q_{N1}) 0,5 \quad (1)$$

missä

$q$  on mitoitusvirtaama (dm<sup>3</sup>/s)

$q_{N1}$  on suurin normivirtaama mitoitettavassa putkessa (dm<sup>3</sup>/s)

$q_m$  on kyseessä olevan venttiilin keskimääräinen virtaama (dm<sup>3</sup>/s)

$\theta$  on todennäköisyys, että normivirtaama  $q_{N1}$  on vesikalusteella on käytössä huippukulutuksen aikana

$Q$  on liitettyjen vesipisteiden normivirtaamien summa (dm<sup>3</sup>/s)

$A$  on kerroin, joka ottaa huomioon kuinka usein mitoitusvirtaama ylittään.

Taulukko 4. 1) Todennäköisyys, ettei tarvittavaa vesivirtaa (normivirtaama) saavuteta (D1 2007, 36).

Epävarmuus <sup>1)</sup>	0,01	0,001	0,0001
$A$	2,3	3,1	3,7

Jakojohtojen mitoitusvirtaama asuinrakennuksissa lasketaan seuraavilla arvoilla:

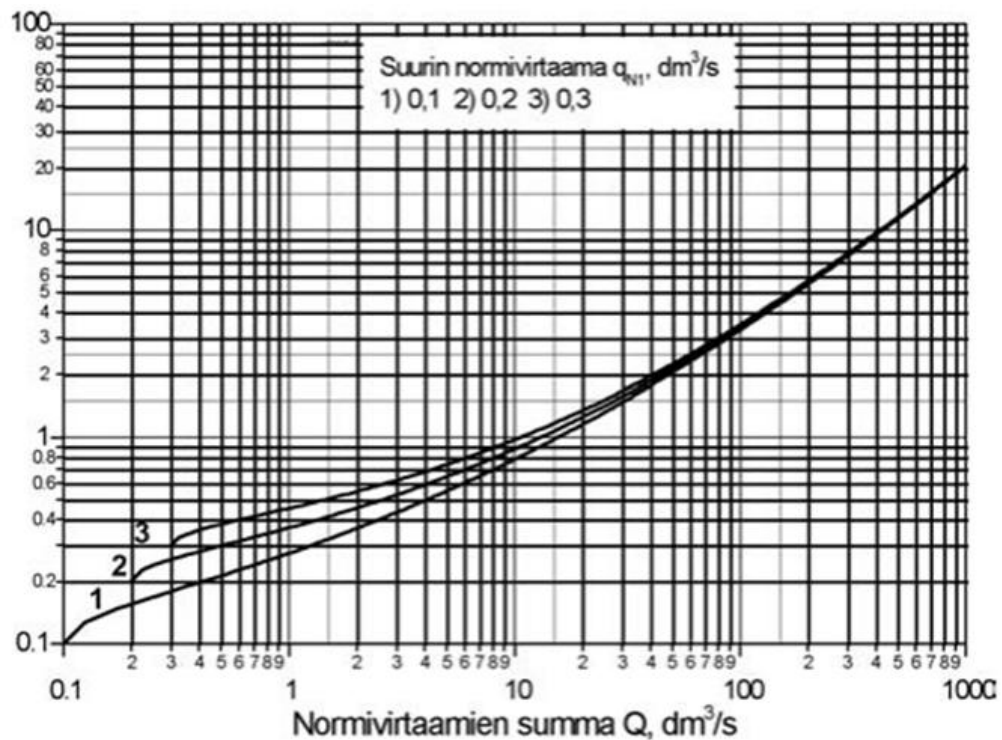
$$q_{N1} = 0,2 \frac{dm^3}{s}$$

$$q_m = 0,2 \frac{dm^3}{s}$$

$$\theta = 0,015$$

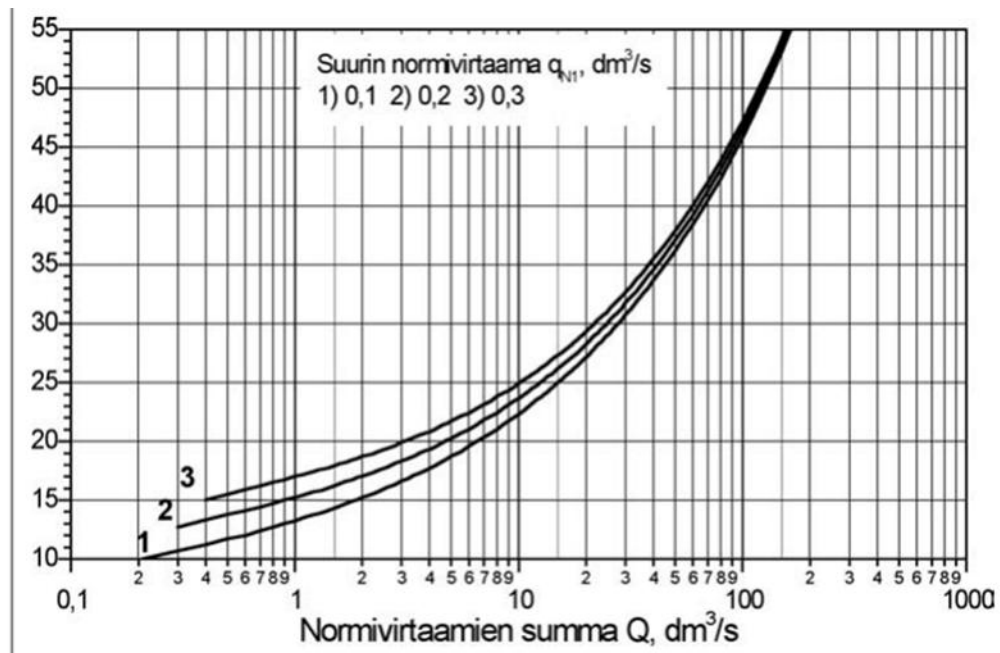
$$A = 3,1$$

Jakojohtojen mitoitusvirtaama voidaan myös määrittää kuvion 3 avulla.



Kuvio 3. Jakojohdon mitoitusvirtaama asuinrakennuksissa (D1 2007, 36).

Jakojohdon putkikoot valitaan niin, että mitoitusvirtaamalla virtausnopeudeksi tulee enintään 2 m/s (Kuvio 4). Jakojohdon putkikoot riippuvat normivirtaamien summista. Putkidimensioksi valitaan aina sisähalkaisijaltaan lähinnä seuraava putkikoko. (D1 2007, 35, 38.)



Kuvio 4. Jakojohtoon sisähalkaisijan riippuvuus normivirtaamien summasta mitoitusvirtaaman virtausnopeudella 2 m/s (D1 2007, 38).

Vesikalusteiden kytkentäjohtojen putkikoot valitaan taulukon 5 avulla tai niin, että normivirtaamalla virtausnopeus on yleensä enintään 3 m/s.

Taulukko 5. Muovisten kytkentäjohtojen sisähalkaisijan valintataulukko (D1 2007, 39).

Normivirtaama $\text{dm}^3/\text{s}$	Putken $d_s$ mm	Virtausnopeus m/s	Painehäviö kPa/m	KytKentäjohtoon enimmäispituus, m
0,1	10	1,3	2,6	15
	12 <sup>1)</sup>	0,9	1,1	15
0,2	10	2,6	8,8	12
	12 <sup>1)</sup>	1,8	3,7	12
	13	1,5	2,5	20
0,3	10	3,8	18,2	10
	12 <sup>1)</sup>	2,7	7,5	10
	13	2,3	5,1	15
0,4	13	3,0	8,6	10
	16 <sup>1)</sup>	2,0	3,2	10
	20 <sup>1)</sup>	1,3	1,1	15
	20	1,3	1,1	20

Painehäviölaskelmien perusteella tehdyin virtaamatarkasteluin tarkastetaan, että paineolosuhteiltaan epäedullisimmalle vesikalusteelle saadaan ensisijaisesti taulukon 3 mukainen normivirtaama. Tämän normivirtaaman tulee olla vähintään 70 prosenttia taulukon normivirtaamasta. Paineolosuhteista riippuen vesikalusteen

virtaama voi olla 70 - 150 prosenttia taulukon arvosta. Painehäviölaskelmat tehdään putken halkaisijan, putken pituuden ja putkiyhteistä johtuvien kertavastuskerroimien avulla. (D1 2007, 35, 40.)

### **3.3.2 Viemäriputkisto**

Jätevesilaitteisto on suunniteltava siten, että jätevedet voidaan luotettavasti viemäroidä, haittaavia paineenvaihteluita ei esiinny ja lietteen kerrostuminen viemäreihin estyy. Jätevesilaitteisto ei saa myöskään aiheuttaa häiritsevää melua eikä viemäriin putkikoko saa pienentyä virtaussuunnassa. Viemärit mitoitetaan ottaen huomioon viemäripisteiden käytön todennäköinen samanaikaisuus. Kaikkia viemäripisteitä ei todennäköisesti käytetä samanaikaisesti, joten suurin todennäköinen virtaama eli mitoitusvirtaama on pienempi kuin viemäriin liitettyjen normivirtaamien summa. Mitoitusvirtaama ei kuitenkaan saa olla pienempi kuin siihen sisältyvä suurin viemäripisteen normivirtaama. Viemäröinti suunnitellaan viettoviemäriksi jolloin tarkistetaan, että viemäripisteet ovat padotuskorkeuden yläpuolelle ja riittävä viemärikaltevuus saavutetaan. (D1 2007, 23 ja 46.)

Mitoituksessa otettava huomioon, että maassa viemäriin vähimmäiskoko on DN 70 ja WC-istuimen kytkentäviemäriin putkikoko on DN 100. (D1 2007, 47) Viemärimitoituksessa valitaan ensimmäiseksi viemäripisteiden normivirtaamat taulukon 6 mukaan.

Taulukko 6. Viemäripisteiden normivirtaamat (D1 2007, 47).

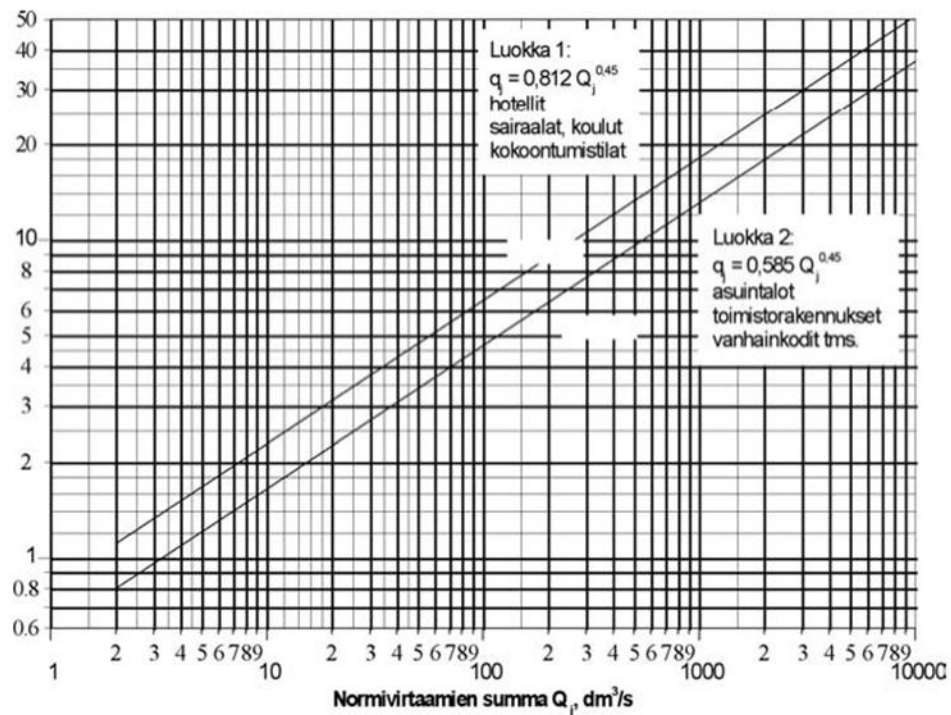
Viemäripiste <sup>1)</sup>	Normivirtaama dm <sup>3</sup> /s	Huomautus
Pesuallas	0,3	
Pesuistuin	0,3	
Kylpyamme tai suihkuallas	0,9	
Suihku	0,6	
WC-istuin	1,8	
Astianpesuallas	0,6	
Astianpesuallas ammattikäyttö, 2-altainen	0,6	Ravintolassa rasvan- erottimen kautta.
Astianpesuallas ammattikäyttö, 3-altainen	0,9	
Astianpesukone, kotitalous	0,6	1)
Astianpesukone, ravintola	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Pesukone, kotitalous	0,6	1)
Pesukone, talopesula tai vastaava	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Tasapohja-allas tai kaatoallas	0,6	
Urinaali huuhteluventtiilillä	0,6	
Urinaali huuhteluhanalla	0,3	
Huuhteluallas, sairaala	1,8	
Pesukouru/metri (samanaikaisuuskerroin 1)	0,4	0,3 dm <sup>3</sup> /s pesupaikka
Juoma-allas	-	Virtaamia ei oteta huomioon mitoituksessa.
Sylkyallas	-	
Lattiakaivo DN 50	≤ 0,9 dm <sup>3</sup> /s <sup>2)</sup>	
Lattiakaivo DN 75 (DN70)	≤ 1,5 dm <sup>3</sup> /s <sup>2)</sup>	
Lattiakaivo DN 110 (DN100)	≤ 1,8 dm <sup>3</sup> /s <sup>2)</sup>	

<sup>1)</sup> Ei oteta mitoituksessa huomioon viemäritäessä toisen vesipisteen vesilukkoon.

<sup>2)</sup> Viemäripisteiden normivirtaamien enimmäissumma, joka voidaan viemäroidä lattiakaivon kautta. Laskettu normivirtaamien summa otetaan huomioon viemärin mitoituksessa. Asuinhuoneiston, hotellin tms. märkätilassa otetaan viemärin mitoituksessa huomioon vain suurin lattiakaivoon tuleva viemäripisteen normivirtaama.

Seuraavaksi lasketaan normivirtaamien summat ja mitoitusvirtaamat kokooja-viemäreissä. Mitoitusvirtaaman ja normivirtaamien summan riippuvuus on esitetty kuviossa 5. Asuintalot mitoitetaan luokan kaksi mukaan.





Kuvio 5. Viemärin mitoitusvirtaaman riippuvuus normivirtaamien summasta (D1 2007, 48).

Normivirtaamien summan jäädessä alle  $12 \text{ dm}^3/\text{s}$  tarkistetaan, että mitoitusvirtaama ei alita siihen sisältyvää suurinta normivirtaamaa. (D1 2007, 46) Sitten mitoiteaan tuulettamattomat kytkentä- ja kokoojaviemärit (Taulukot 7 ja 8).

Taulukko 7. Tuulettamattoman kytkentäviemärin putkikoko, pituus ja putouskorkeus (D1 2007, 48).

Normi- virtaama $\text{dm}^3/\text{s}$	Vähimmäis- putkikoko DN	Enimmäispituus tuulettamattomana, m		Viemäröinti toisen viemäripisteen vesilukoon, vähimmäisputkikoko
		Vaakapituus L	Putouskorkeus H <sup>1)</sup>	
0,3	32 <sup>2)</sup>	2	1	Pesuallas; DN 32
0,6	40 <sup>2)</sup>	3	1	Pesukoneet, kotitalous, DN 32
0,9	50	10	2	Kylpyamme tai suihkuallas, DN 32
1,2	50	10	2	
1,5	70	10	4	
1,8	100	10	4	

<sup>1)</sup> Lasketaan vesilukon vedenpinnasta tuuletetun kokoojaviemärin liitoskohdan tasoon

<sup>2)</sup> Vesilukollisen viemäripisteen seinässä tai lattiassa sijaitsevan kytkentäviemärin putkikoko on DN 50, jolloin enimmäisvaakapituus tuulettamattomana on 10 m ja enimmäisputouskorkeus 2 m.

Kytkeäviemärien vähimmäiskaltevuudeksi asetetaan 10 ‰.

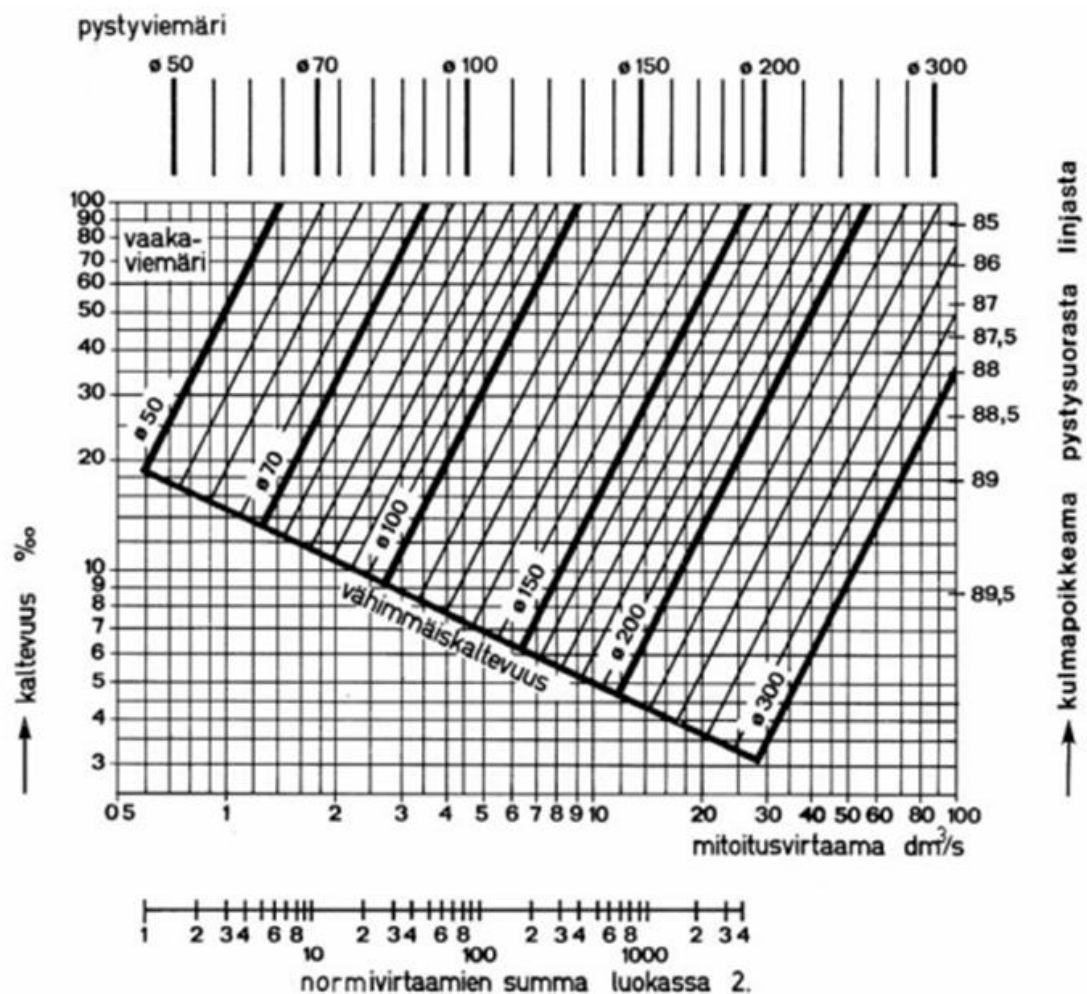
Taulukko 8. Tuulettamaton vaaka- ja pystykokoojaviemäri (D1 2007, 49).

Normivirtaamien summa dm <sup>3</sup> /s	Vähimmäis- putkikoko DN	Enimmäispituus tuulettamattomana, m	
		Vaakapituus <sup>1)</sup>	Putouskorkeus <sup>2)</sup>
1,2	50	10	2
2,5	70	10	4
5,4	100	10	4
8,5	125	10	4
12,6	150	rajoittamaton	6

<sup>1)</sup> Vesilukon ja tuulettun kokoojaviemäriin välinen enimmäisvaakapituus.

<sup>2)</sup> Vesilukon ja tuulettun kokoojaviemäriin välinen enimmäisputouskorkeus mitattuna viemärien haarakohtaan.

Tuulettut viemärit mitoitetaan kuvion 6 mukaan.



Kuvio 6. Tuulettettu viettoviemäri. Koot ja kaltevuudet muoviputkelle (D1 2007, 50).

Vähimmäiskaltevuus määritetään aina mitoitusvirtaaman perusteella, vaikka putkikooksi valitaan lähinnä seuraava suurempi nimelliskoko. Jos tuuletettu ja tuuletamaton vaakakokoojaviemäri on helposti puhdistettavissa, eikä siihen liity WC-istuimia, vähimmäiskaltevuutena voidaan käyttää 60 % kuvion 6 mukaisesta kaltevuudesta. ( D1 2007, 46-47.)

WC-istuinien huuhteluvesimäärä tulee olla vähintään 4 litraa. Alle 6 litran huuhteluvesimäärää käytettäessä tulee ottaa huomioon, että WC-istuimen kytkentäviemärin ja siihen liittyvän vaakakokoojaviemärin vähimmäiskaltevuus on 20 ‰. Myös yhden perheen pientalon tonttaviemärin vähimmäiskaltevuus on 20 ‰. ( D1 2007, 47.)

Riittävän tuuletuksen aikaansaamiseksi viimeiseksi mitoitetaan tuuletusviemäri (Taulukko 9).

Taulukko 9. Tuuletusviemärin mitoitus  
(D1 2007, 51).

Normivirtaamien summa dm <sup>3</sup> /s	Vähimmäis- putkikoko DN
≤ 5	70
> 5	100

Tuuletusviemäri tehdään vastaavalla tavalla kuin muukin viemäri, vaakaosa asennetaan nousevaksi. Sen koon tulee olla DN 100 kylmässä tilassa, lämmittämättömällä ullakolla tai vesikatolla. ( D1 2007, 51.)

### 3.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtopiirustukset suunniteltiin ja piirrettiin käyttäen MagiCAD-ohjelmistoa (Liite 5). Rakennuksen koneellinen poistoilmanvaihto vaihdetaan koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoiksi, joka on varustettu lämmöntalteenotolla. Sillä saadaan hyvä, terveellinen ja puhdas sisäilmasto sekä rakennus energiatehokkaammaksi.

### 3.4.1 Kanavisto

Kanaviston suunnittelu alkoi tarkastelemalla rakennuksen pohjakuvia, miettimällä kanaviston reititys ja kanavamateriaalin valinnalla. Kanaviston materiaaliksi valikoitui sinkitty teräksinen kierresaumakanava, joka asennetaan välikatolle ja lämpöeristetään suunnitelmien mukaisesti.



Kuva 3. Kohderakennuksen välikattotila.

Ilmanvaihtokanaviston suunnittelussa kanavan kokoa rajoittava tekijä on ilman nopeus. Kanavisto suositellaan mitoittamaan väljästi, jolloin saadaan normaali ja hiljainen järjestelmä. Liian tiukka mitoitus aiheuttaa ääntä sekä vaikeuttaa kanaviston tasapainotusta.

### 3.4.2 Päätelaitteet

Huoneeseen tarvittavan ilmanvaihdon määrä vaikuttaa päätelaitteiden valintaan. Kohteeseen poistoilmaventtiileiksi valikoitui Fläkt Woodsin KSO-malli sekä Haltonin URH/A-malli. Tuloilmaventtiileiksi valikoitui Fläkt Woodsin KTI-malli sekä Uponorin UTK-malli. Tarvittavat ilmamäärät on lueteltu taulukossa 10 ja taulukossa 11 on kerrottu kohteen ilmavirrat.

Rakennuksen ilmanvaihto mitoitetään poistoilmavirtojen perusteella. Ilmanvaihtokertoimen on oltava vähintään 0,5 1/h eli talon ilmatilavuuden on vaihduttava ker-

ran kahdessa tunnissa. Kohteen kokonaispoistoilmavirta on 41 l/s, joka saadaan, kun rakennuksen tilavuus 290 m<sup>3</sup> kerrotaan ilmanvaihtokertoimella 0,5 1/h ja jaetaan 3600:lla. Rakennuksen kokonaistuloilmavirta on 39 l/s, joka on 5 % pienempi kuin poistoilmavirta. Ilmavirrat mitoitetaan joko tilan pinta-alan tai henkilökuorman perusteella. Koska kohderakennus on pieni, poistoilmavirrat mitoitetaan ohjearvoja pienemmiksi. (D2 2012, 21.)



Taulukko 10. Ilmamäärät päätelaitteille  
(D2 2012, 21).

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 l/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 l/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 l/h.

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta	Ulkoilma- virta	Poistoilma- virta	Äänitaso $L_{A,eq,T}$ / $L_{A,max}$ dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
	(dm <sup>3</sup> /s)/hlö	(dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup> /s			
<b>Asuintilat:</b>	<b>6</b>					
Asuinhuoneet		0,5		<b>28 / 33 *</b>	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	<b>33 / 38 *</b>	0,20	*C1 määräys
– käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
– käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
– käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuone		#S	8	33 / 38	0,30	
– käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m <sup>2</sup> #C	33 / 38		
<b>Yhteistilat:</b>						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m <sup>2</sup> )		0,2	0,2 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m <sup>2</sup>	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m <sup>2</sup> #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerhohuone		1 #E	1 / m <sup>2</sup> #E	33 / 38	0,20	

# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm<sup>3</sup>/s.

# B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.

# C Kuitenkin vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.

# D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.

# E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.

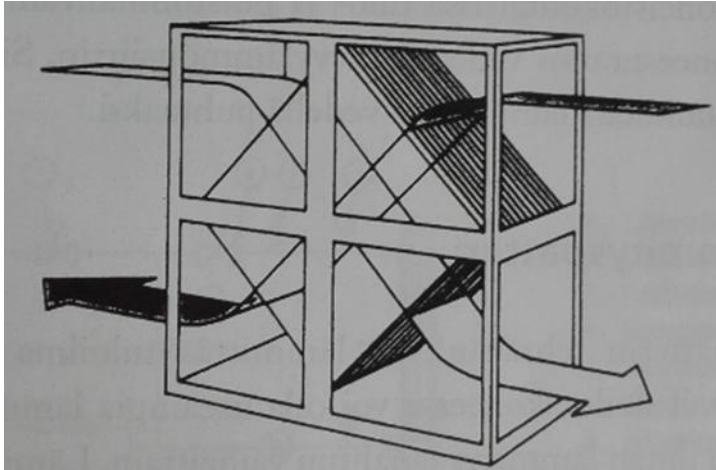
# S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

Taulukko 11. Rakennuksen ilmajirrat.

1.KRS	Poistoilma (l/s)	Käyttöajan tehostus (l/s)	Tuloilma (l/s)
KHH	6	15	
VIERAS.HUON.			4
TEKN	3		
KEIT	7	25	
ET			5
OH			10
TV. HUONE			6
MH			12
PH	8	15	
SAUNA	6	10	
WC1	5	10	
TK			2
VH1	3		
VH2	3		
YHT	41		39

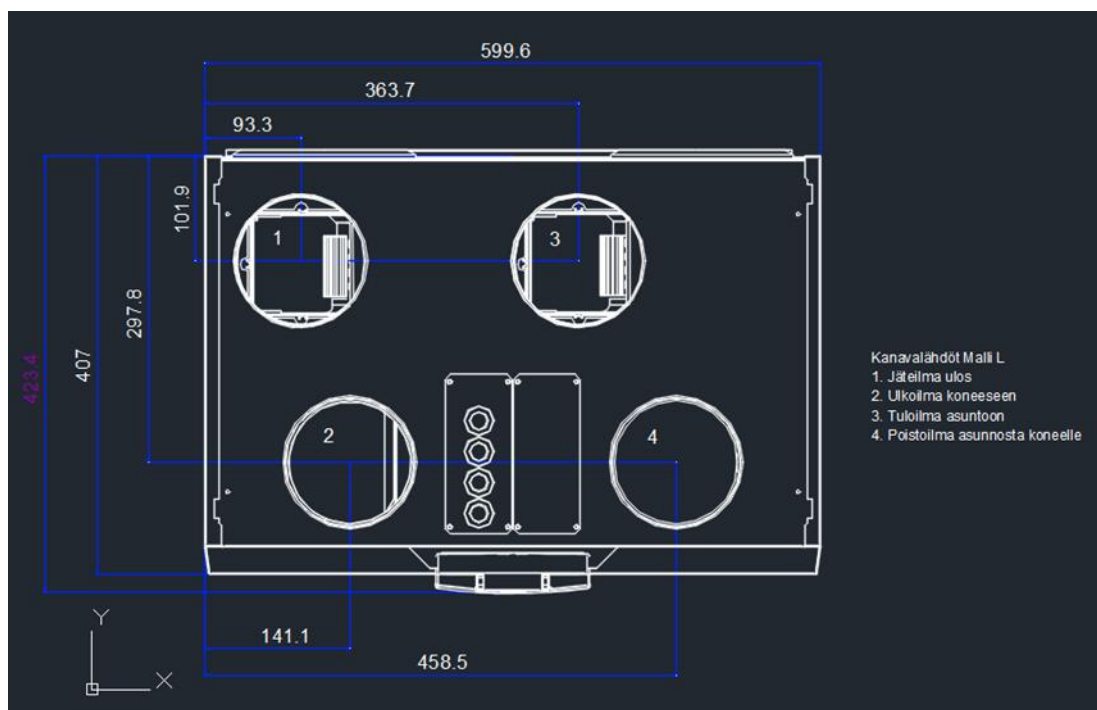
### 3.4.3 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneeksi valittiin suomalainen Valloxin koneellinen tulo- ja poistoilmakone 096 MC ristivastavirtaavalla lämmöntalteenottokennolla. Ristivastavirtalämmönsiirrin muodostuu ohuista päällekkäisistä alumiinilevyistä. Joka toiseen väliin johdetaan poistoilmaa ja joka toiseen tuloilmaa. Poistoilman lämpö siirtyy seinämi- en läpi tuloilmaan ilmajirtojen sekoittumatta. (Korkala 2009, 83.) Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteeksi on ilmoitettu noin 75 %, mutta laskettu on 69 % (Liite 6).



Kuvio 7. Ristivirtaus  
(Korkala 2009, 83).

Koneen puhaltimet tuottavat  $95 \text{ dm}^3/\text{s}$ , joka on enemmän kuin mitä kohteeseen tarvitaan. Kone on valittu tarkoituksella vähän reiluksi, jolloin sitä ei tarvitse pyörittää niin isoilla kierroksilla kuin pienempiä malleja. Kanavien läpiviennit höyrynsuussa suositellaan tiivistettäväksi läpivientikauluksilla. Läpivientikaulus asennetaan putken ympärille ja hierretään tiiviisti alustaansa. Tiiviys parantaa talon lämmöneristystä ja vähentää kosteusvaurioiden riskiä. (Tiivistalo 2016, 3.)



Kuvio 8. Ilmanvaihtokoneen kanavalähdöt  
(Vallox, Ilmanvaihtokoneet, Vallox 096 MC. [Viitattu 15.5.2016]).

Vallox 096 MC tekniset tiedot:



- Enimmäisasuinpinta-ala m<sup>2</sup>: 130
- Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdeluokka: A+
- Vuosihyötysuhde: 75 %
- Ominais sähköteholuokka: B
- Ominais sähköteho (SFP): 1 kW/(m<sup>3</sup>/s)
- Maksimi poistoilmavirta: 95 l/s, 100 Pa
- Maksimi tuloilmavirta: 92 l/s, 100 Pa
- Lähdöt: 4 x 125 mm
- Mitat: 600 mm x 543 mm x 428 mm
- Paino pakkauksen kanssa: 53 kg
- Sähköliitäntä: 230 V, 50 Hz, 5,1 A pistotulppa
- Ulkoiset ohjaustavat: 0-10 VDC
- Poistoilmapuhaltimen teho: 0,119 kW 0,9 A EC
- Tuloilmapuhaltimen teho: 0,119 kW 0,9 A EC
- Lämmöntalteenottokeino: Ristivastavirta
- Lämmöntalteenoton ohitus: Automaattinen
- Jälkilämmitys: Sähkö, 900 W.



Kuvio 9. Vallox 096 MC ilmanvaihtokone  
(Vallox, Ilmanvaihtokoneet, Vallox 096 MC. [Viitattu 15.5.2016]).

#### 3.4.4 Äänenvaimennus

Äänenvaimennuksella pyritään matalaan äänitasoon huoneissa. Sillä estetään puhallinäänen siirtyminen huonetilaan tai äänien siirtyminen kahden eri huoneen välillä. Sallittu äänitaso makuuhuoneessa on 28 dB(A) ja pesuhuoneessa 38 dB(A). (Vallox, Asuntoilmanvaihto 2015, 15.)

Kohteen äänenvaimentimiksi valittiin Vallox 125x450 -malliset äänenvaimentimet sekä tulo- että poistoilmakanavaan. Näiden materiaalina käytetään mineraalivillaa. Mineraalivilla on eristetty suojakankaalla kuitujen irtaamisen estämiseksi. Äänenvaimentimissa on kumirengasliitokset.



Kuvio 10. Vallox 125x450 äänenvaimentimet (Vallox, Lisälaitteet ja –varusteet [Viitattu 15.5.2016]).

### 3.4.5 Ulkoilmasäleikkö ja ulospuhallushajotin

Ulkoilmasäleikköjä käytetään tulo- ja poistoilma-aukkojen peitesäleikköinä. Kohteen ulkoilmasäleiköksi valikoitui Fläkt Woodsin USAV 125. Se on valettu alumiinista. Kaikki säleiköt on varustettu suojaverkolla. USAV:ta käytettäessä verkko on otettava pois koneellisessa ilmanvaihdossa tai käytettävä USAV-IV-mallia. (Fläktwoods Oy. Ulkosäleiköt USAV, USVN, USSV ja SVN, [Viitattu 2.5.2016], 2.)



SAV

Kuvio 11. USAV ulkoilmasäleikkö (Fläktwoods Oy. Ulkosäleiköt USAV, USVN, USSV ja SVN, [Viitattu 2.5.2016], 2.).

Ulospuhallushajottimen tehtävä on johtaa asunnosta poistettu jäteilma takaisin ulkoilmaan. Ulospuhallushajottimeksi valittiin Lindabin VHL-ulospuhallushajotin. Se on valmistettu galvanoidusta teräksestä. (Lindab, Ilmastointikatos, [Viitattu 2.5.2016], 1.)



Kuvio 12. VHL ulospuhallushajotin  
(Lindab, Ilmastointikatos, [Viitattu 2.5.2016], 1).

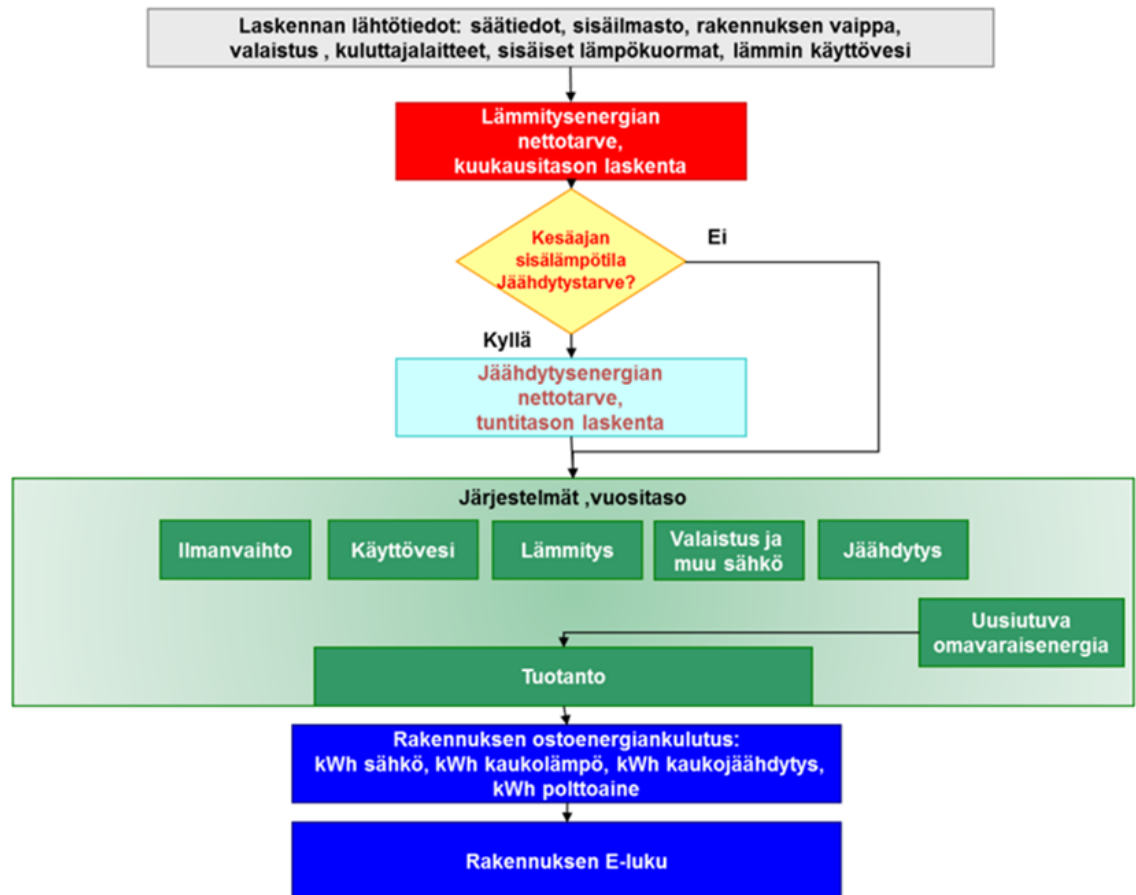
## 4 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIAANKULUTUS

Energiatodistus tarvitaan rakennettaville rakennuksille. Suomessa se on ollut käytössä vuodesta 2008. Vanhoille rakennuksille ei ole määrätty mitään E-lukuarvoa eli kokonaisenergiakulutusta, joka tulee saavuttaa, joten sitä ei voi verrata varsinaisesti mihinkään. (Energiatodistusopas 2013, 4.)

Rakennuksen E-luvulla ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) kuvataan rakennuksen energiankäytön vaikutuksia ympäristöön ja luonnonvaroihin. Kokonaisenergiankulutus määritetään rakennuksen ostoenergiankulutuksesta energiamuotojenkertoimia käyttäen. Laskennassa summataan eri energiamuotojen painokertoimilla painotetut laskennalliset ostoenergiat. (Energiatodistusopas 2013, 9-10.)

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

- sähkö 1,7
- kaukolämpö 0,7
- kaukojäähdytys 0,4
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5.



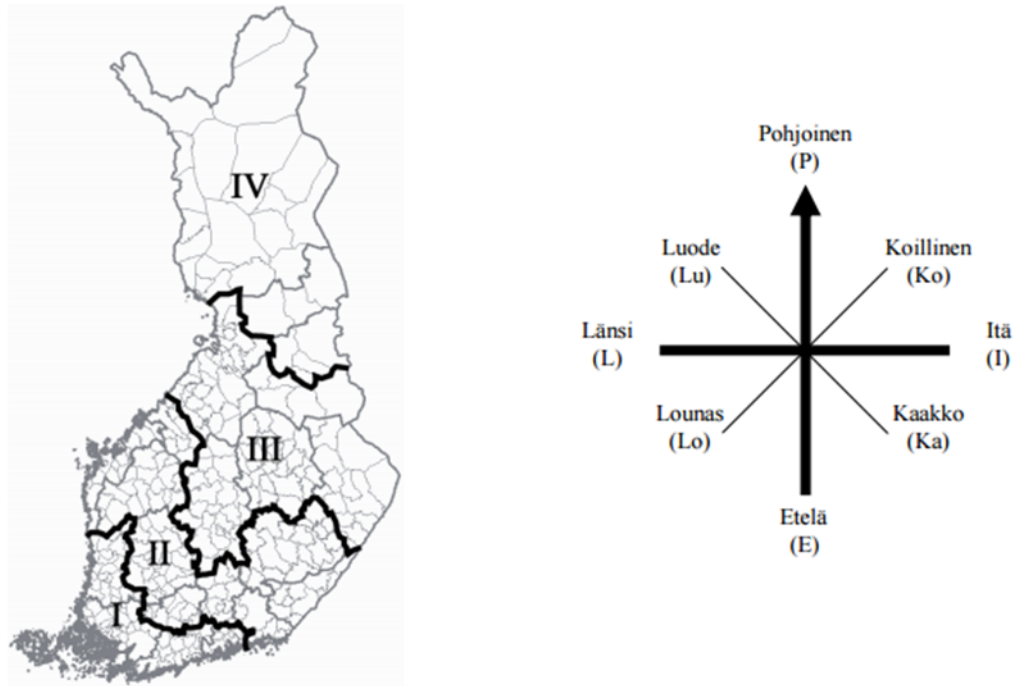
Kuvio 13. Energiakulutuksen laskennan vaiheet (D5 2012, 12).

Energiankulutus lasketaan vaiheittain seuraavasti:

- rakennuksen lämmitysenergian nettotarve
- lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve
- laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus
- lämpökuormat
- lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus.

Aurinkojärjestelmän sähköntuottoa ja jäähdytysjärjestelmän energiankulutusta ei käsitellä, koska ne eivät koske kohderakennusta.

Lämmitysteho ja energiankulutus lasketaan rakennuspaikan maantieteellisen sijainnin mukaisella säävyöhykkeen mitoittavalla ulkolämpötilalla. Kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla. (D3 2012, 29.)



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1.		Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	5,3	
II	-29	4,6	
III	-32	3,2	
IV	-38	-0,4	

Kuvio 14. Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot (D3 2012, 29).

Lämmönläpäisykerroin  $U$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) tarkoittaa lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. (C3 2010, 1.3)

Taulukko 12. Kohde rakennuksen U-arvot ja U-arvovaatimukset.

Rakennusvaipanosa	Laskettu U-arvo	U-arvovaatimus
Ulkoseinä	0,258	0,17
Yläpohja	0,098	0,09
Alapohja	0,21	0,16
Ikkuna / Ovi	1,0	1,0

Kohteen U-arvot ovat nykypäiväisiin arvoihin ja vaatimuksiin nähden suuret, mutta rakentamisajankohtaan nähden kohtalaiset. Näiden heikkojen arvojen syynä ovat muun muassa ulkoseinien ja alapohjan eristyspaksuudet, jotka ovat paljon pienemmät kuin nykyisin rakennettavissa taloissa.

Kohde rakennuksen kokonaisenergiankulutus (kWh/m<sup>2</sup>a) on nykyisiin vaatimuksiin nähden varsin suuri ilman koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Kuitenkin suunnitellulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla E-luku saataisiin nostettua 166:een (kWh/m<sup>2</sup>a). Rakennuksen nettopinta-alan ollessa 104 m<sup>2</sup> E-luku saisi olla korkeintaan 204. (D3 2012, 9.) Kohteelle laskettu arvo ei ylitä tätä. Rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen vaikuttaa eniten rakenteiden huonot U-arvot. Kohteesta laaditussa energiaselvityksessä on laskettu rakennuksen E-luku ja lämmitystehon tarve sekä kerrottu kaikki laskennassa käytetyt arvot. (Liite 7)

#### 4.1 Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

Ensimmäisenä E-luvun laskennassa lasketaan tilojen lämmitysenergian nettotarve. Lämmitysenergian määrään vaikuttavat johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, vuotoilman lämpöhäviö sekä korvaus- ja tuloilman lämpeneminen tilassa huonelämpötilaan. Näiden summasta vähennetään auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus. (D5 2012, 15.)

Rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (2)$$

missä



$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$  on tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

$Q_{\text{tila}}$  on tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis,lämpö}}$  on lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh.

Tilojen lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv,tuloilma}} + Q_{\text{iv,korvausilma}} \quad (3)$$

missä

$Q_{\text{tila}}$  on tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{joht}}$  on johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$  on vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{\text{iv,tuloilma}}$  on tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{\text{iv,korvausilma}}$  on korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh.

#### 4.1.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi lasketaan rakennusosittain. Jokaiselle ulkoseinälle, yläpohjalle, alapohjalle, ikkunalle, ovelle ja kylmäsillalle määritetään johtumislämpöhäviö, kWh. Näiden kaikkien summasta muodostuu johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh. (D5 2012, 15.) (Liite 8)

#### 4.1.2 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Vuotoilman lämpöhäviö muodostuu rakenteiden epätiiviyksien kautta tulevan vuotoilman lämpenemisen tarvitsemasta energiasta. Vuotoilman lämpenemisen läm-

pöenergian tarve ja kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan liitteen 9 kaavoilla. (D5 2012, 19.)

#### 4.1.3 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan jokaiselle ilmanvaihtokoneelle erikseen. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana tilaan voidaan käyttää 18:aa °C, ellei tarkempaa tietoa ole saatavilla. (D5 2012, 22.)

Tuloilman ja korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve sekä kaavassa tarvittava korvausilmavirta lasketaan liitteen 10 kaavoilla.

#### 4.2 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia lasketaan käyttämällä lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia ja niitä vastaavia lämmitysenergian nettotarpeita. Pientaloissa ominaiskulutus on  $600 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{a}$  ja lämmitysenergian nettotarve on  $35 \text{ kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ . (D3 2012, 21.)

Taulukko 13. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti (D3 2012, 21).

Käyttötarkoitukseluokka	LKV:n ominaiskulutus $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	Lämmitysenergia $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutilat, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve saadaan kertomalla lämpimän käyttöveden kulutus ja veden ominaisuudet. (Liite 11)

### 4.3 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus on laitesähkön yhteenlaskettu kulutus lukuun ottamatta valaistusjärjestelmän, ilmanvaihtojärjestelmän sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien sähkönkäyttöä. (D5 2012, 26.)

Rakennuksen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkulutus lasketaan D3 Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisilla standardikäytön arvoilla (D3 2012, 19 ja 25.). Valaistuksen sähkönkulutus voidaan laskea myös tarkemmin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaisesti. (D5 2012, 26–28.) Laskukaava liitteessä 12.

### 4.4 Lämpökuormat

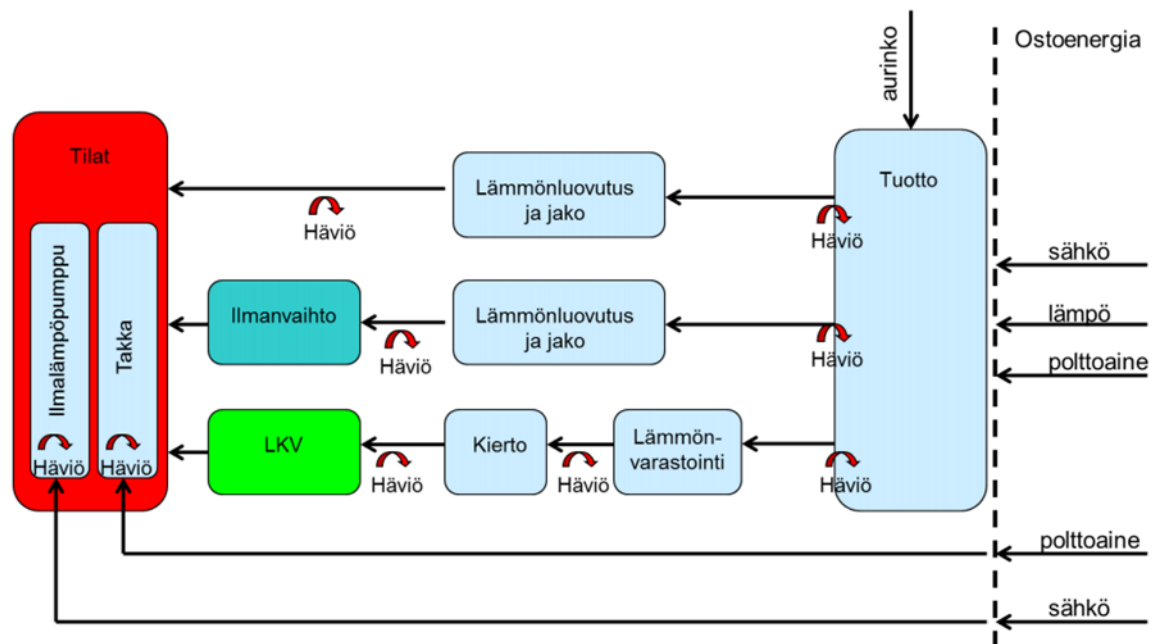
Sisäisten lämpökuormien energia vähennetään nettoenergian tarpeesta. Lämpökuormat lasketaan ihmisistä, mihin vaikuttavat henkilöiden lukumäärä ja oleskeluaika. Valaistuksen ja sähkölaitteiden kuluttama energia lasketaan kokonaisuudessaan lämpökuormaksi rakennukseen. Suurin lämpökuorma tulee ikkunoiden kautta. Tähän lämpökuormaan vaikuttaa ikkunapinta-ala jokaiseen ilmansuuntaan. Ikkunoiden kautta rakennukseen tulevaan auringon säteilyenergiaan vaikuttavat myös ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, ikkunan varjostukset, ikkunassa käytetty verhotyyppi sekä ikkunan kehäkerroin. Kehäkerroin on valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde. Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian. (D5 2012, 29-33.) Laskukaavat liitteessä 13.

Rakennukseen tulee lämpökuormia etenkin valaistuksesta, laitteista ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringon säteilyenergiasta, jotka voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Lämpökuorma voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. (D5 2012, 34.)

#### 4.5 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeista ottamalla huomioon lämmönluovutuksen, lämmönjaon ja lämmön varastoinnin häviöt sekä lämmöntuoton vaikutus. Häviöt otetaan huomioon hyötysuhteiden avulla. Lämmitysenergian tuoton vaikutus lämmitysjärjestelmän energiakulutukseen lasketaan hyötysuhteen tai lämpökertoimen avulla. (D5 2012, 37.)

Kohteen lämmitysjärjestelmän energiankulutus laskennassa ei tarvitse ottaa huomioon häviötä, koska niitä ei ole. Lämmitysjärjestelmän energiakulutus lasketaan liitteen 14 laskukaavoilla.



Kuvio 15. Lämmitysjärjestelmälaskennan periaate (D5 2012, 37).

#### 4.6 Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus lasketaan suunnitellun ominaissähkötönnön, ilmavirran ja käyntiajan tulona. Tähän lisätään mahdollinen muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus. Ilmanvaihtokoneen ominaissähkötönnö las-

ketaan jakamalla ilmanvaihtokoneen sähköteho ilmanvaihtokoneen ilmavirralla.  
(D5 2012, 52.) Laskukaavat liitteessä 15.

## 5 YHTEENVETO

Päätavoitteena tässä työssä oli laatia määräysten mukaiset LVI-suunnitelmat 1970-luvulla rakennettuun omakotitaloon. Kohteeseen suunniteltiin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä vastavirtalämmönvaihtimella ja uusi käyttövesi- ja lämmitysputkisto pinta-asennuksena sekä laadittiin uudet viemäripiirustukset. Vanhat putkistot alkavat olla jo käyttöikänsä päässä ja ne voivat aiheuttaa vesiva-  
hingin.

Opinnäytetyössä oli myös tavoitteena laskea rakennukselle kokonaisenergiankulutus ja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Tätä on aiemmin jo parannettu vaihtamalla rakennukseen ikkunat sekä lisäämällä yläpohjaan Parocin puhallusvillaa 250 mm. Uusi suunniteltu koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla parantaa energiatehokkuutta entisestään. Tulevaisuudessa energiatehokkuutta voidaan vielä parantaa lisälämmitysjärjestelmällä, esimerkiksi ilmalämpöpumpulla. Myös rakenteiden lisäeristäminen olisi yksi tapa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta.

LVI-järjestelmien suunnitelmat ja mitoitus tehtiin käyttäen MagiCAD 2015 -ohjelmistoa. Rakennuksen ilmavirrat mitoitettiin Suomen rakentamismääräyskoelman osan D2 ohjearvojen mukaan ja lämmitystehontarve laskettiin CADS-ohjelmistolla. Kokonaisenergiankulutuksen laskenta tehtiin Laskentapalvelut-internetsivuston laskentaohjelmalla.

## LÄHTEET

- C3. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D1. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asunto- ja rakennusosasto. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Ohjeet ja määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D2. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D3. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennusten energiantehokkuus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- D5. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennetun ympäristön osasto. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Energiateollisuus. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kaukolämmitys. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>
- Energiatodistusopas. 2013. [Verkojulkaisu]. Rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen. [Viitattu 1.5.2016]. Saatavana: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus/Rakennuksen\\_energiatodistus/Energiatodistuslomakkeet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus/Energiatodistuslomakkeet)
- Fläktwoods Oy. Ei päiväystä. Ulkosäleiköt USAV, USVN, USSV ja SVN. [Verkojulkaisu]. Rakenne, mitat ja asennus. [Viitattu 2.5.2016]. Saatavana: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=2030e01d-df23-4d43-8148-8405ded9bf66>
- Kekki, T., Kaunisto, T., Keinänen-Toivola, M. & Luntamo, M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. [Verkojulkaisu]. Vesi-Instituutin julkaisu 3. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy.. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: [https://www.samk.fi/download/27213\\_Vesijohtomateriaalien.pdf](https://www.samk.fi/download/27213_Vesijohtomateriaalien.pdf)
- Korkala, T. & Laksola, J. 2009. Ilmastointi–hoito ja huolto. Paikkakunta: Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- K-rauta. Ei päiväystä. Lämmitys ja ilmanvaihto 1970-luvun talossa. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://www.k-rauta.fi/inspiraatio-ja-ohjeet/rakastu-remonttiin/1970-luku/lammitys-ja-ilmanvaihto-1970-luvun-talossa/>

- Lindab. Ei päiväystä. Ilmastointikatos. [Verkkojulkaisu]. VHL ulospuhallushajotin. [Viitattu 2.5.2016]. Saatavana: <http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/VHL.pdf>
- Markelin-Rantala, L. & Rautiainen, L. 2008. Asuinrakennusten viemäri- ja käyttö-vesiputkistojen pinnoitusmenetelmät - esiselvitys. [Verkkojulkaisu]. VTT raportti VTT-S-05086-08. [Viitattu 23.3.2016]. Saatavana: [http://linjasaneeraus.vtt.fi/hankkeen\\_aineistoa/PutketPinnoitus\\_14.04.08.pdf](http://linjasaneeraus.vtt.fi/hankkeen_aineistoa/PutketPinnoitus_14.04.08.pdf)
- Motiva. 2010. Energiatehokas ilmanvaihto. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 10.4.2016]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas\\_ilmanvaihto.pdf.2.4.2015](http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas_ilmanvaihto.pdf.2.4.2015)
- Motiva. Ei päiväystä. Kaukolämpö. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.3.2016]. Saatavana: <http://www.motiva.fi/kaukolampo>.
- Motiva. Ei päiväystä. Vedenkulutus [Verkkosivu]. [Viitattu 10.5.2016]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus)
- Poxytec. 22.3.2011. Helsinki: 1970-luvun talot tulleet putkiremontti-ikään. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2016]. Saatavana: <http://poxytec.fi/1970-luvun-talot-tulleet-putkiremontti-ikaan/>
- Päärni, K. 2013. Talotekniikka pientalon LVI-työt. Helsinki: Alfamer.
- Seppälä, P., Räisä, J., Korkiakoski, E. & Virtanen, J. 2012. Putkiremontti. [Verkkolehhtiartikkeli]. Omakotilehdet. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <http://omakotilehdet.fi/tag/putkiremontti/>
- Tiivistalo. 2016. [Verkkojulkaisu]. Yleisohje puutalon tiivistämiseen. Asennusohjeet. 3 Läpiviennit. [Viitattu 6.5.2016]. Saatavana: <http://www.tiivistalo.fi/ohjeet/default.asp?sivu=yleisohje%20puutalon%20tiivist%E4miseen>
- Vallox. Asuntoilmanvaihto. 2015. Suunnittelu, asennus ja käyttöönotto. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.5.2016]. Saatavana: <http://www.vallox.com/files/620/IV-suunn-ohje-FIN-240215-PRINT-WEB.pdf>
- Vallox. Ilmanvaihtokoneet. Vallox 096 MC. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.5.2016]. Saatavana: [http://vallox.com/tuotteet/vallox\\_ilmanvaihtokoneet/vallox\\_096\\_mc.html](http://vallox.com/tuotteet/vallox_ilmanvaihtokoneet/vallox_096_mc.html)
- Vallox. Ei päiväystä. Lisälaitteet ja -varusteet. Vallox äänenvaimentimet. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.5.2016]. Saatavana: [http://vallox.com/tuotteet/vallox\\_lisalaitteet\\_ja\\_varusteet/vallox\\_aanenvaimentimet.html](http://vallox.com/tuotteet/vallox_lisalaitteet_ja_varusteet/vallox_aanenvaimentimet.html)



## LIITTEET

Liite 1. Rakennuksen pohjakuva

Liite 2. Kuva rakennuksen uudesta lämmitysverkostosta

Liite 3. Kuva rakennuksen uudesta käyttövesiverkostosta

Liite 4. Kuva rakennuksen uudesta viemäriverkostosta

Liite 5. Kuva rakennuksen uudesta ilmanvaihdosta

Liite 6. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton laskettu lämpötilahyötysuhde

Liite 7. Energiatodistus

Liite 8. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Liite 9. Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Liite 10. Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

Liite 11. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

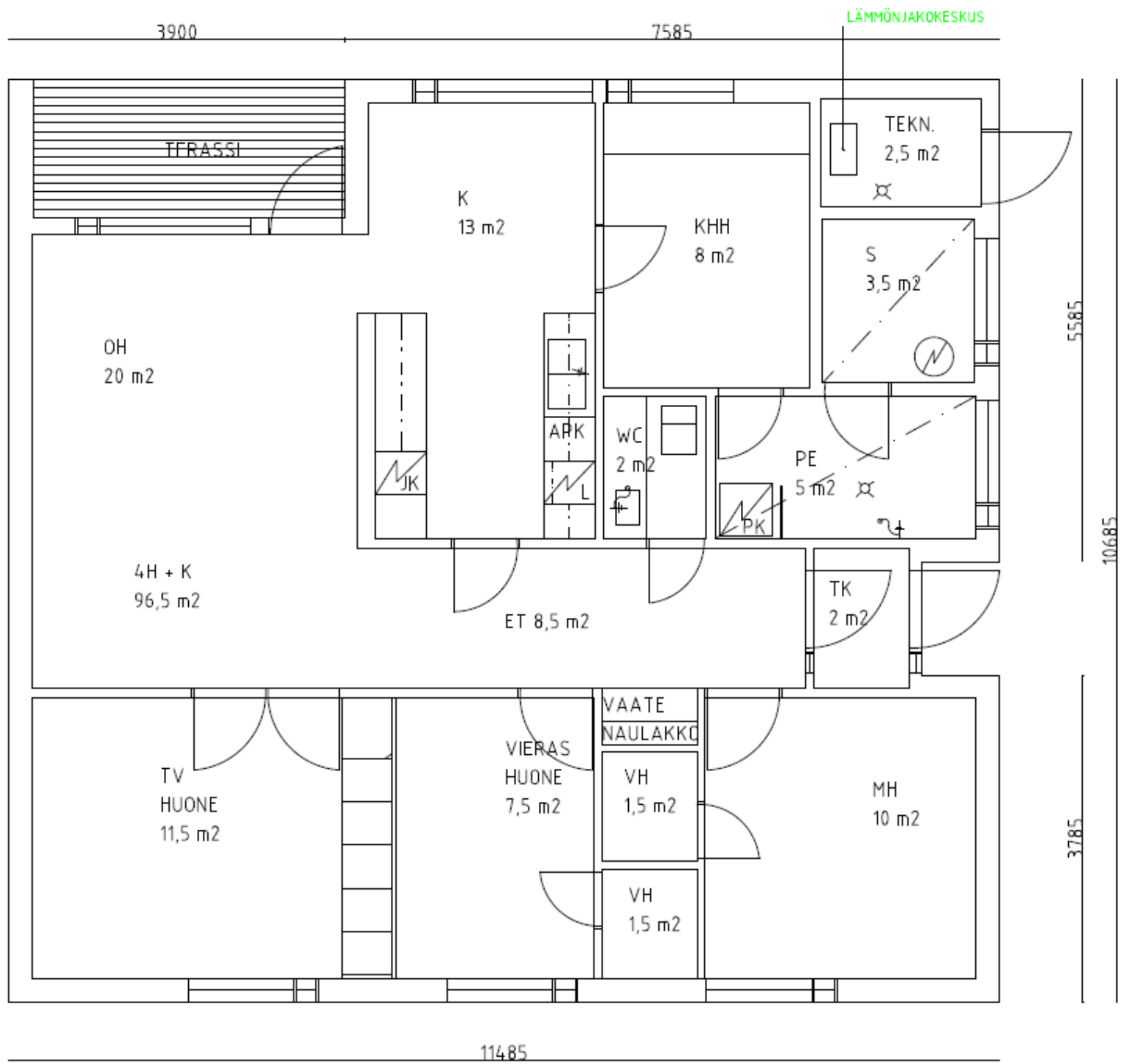
Liite 12. Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Liite 13. Lämpökuormat

Liite 14. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

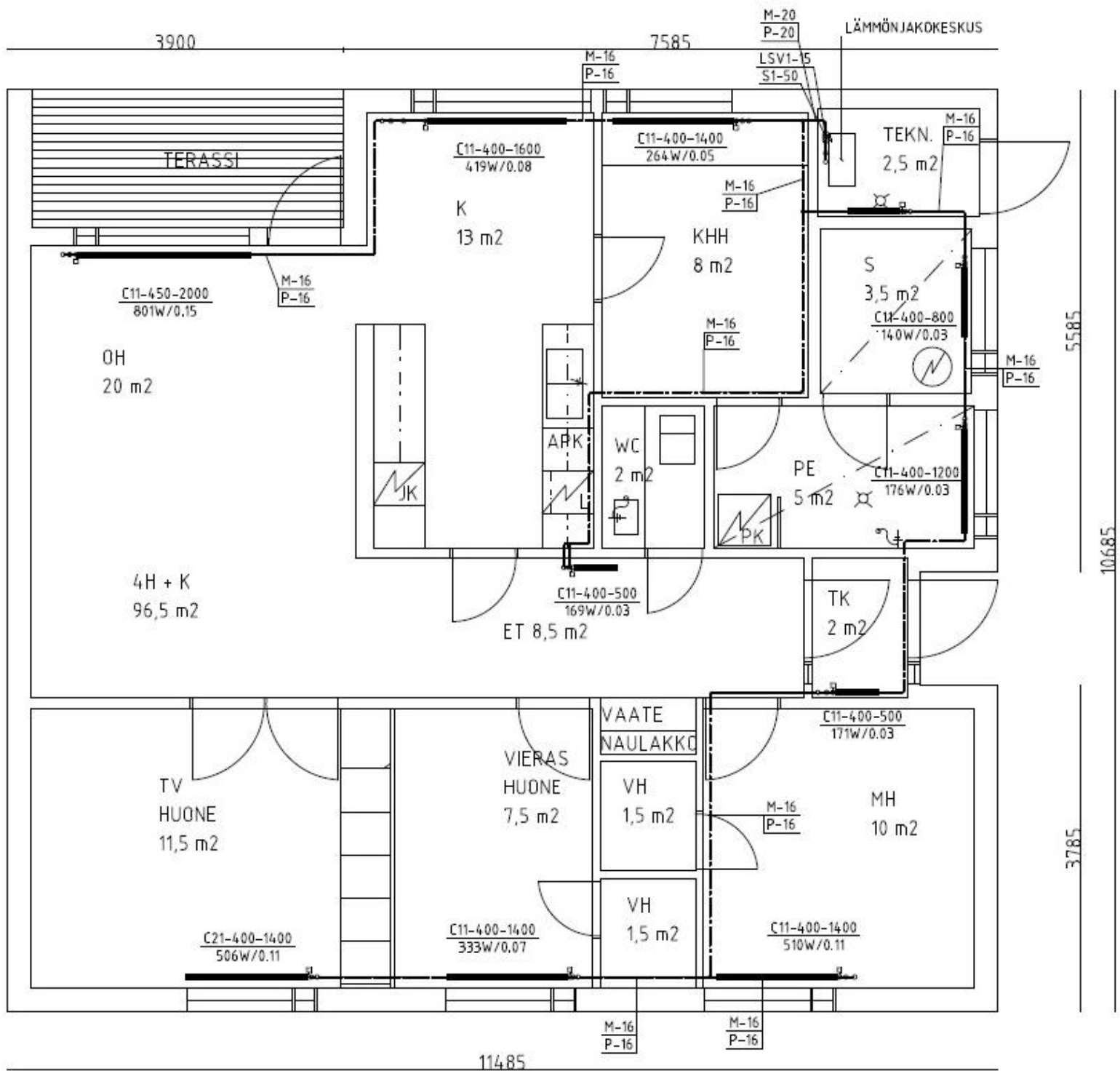
Liite 15. Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus

## LIITE 1 Rakennuksen pohjakuva



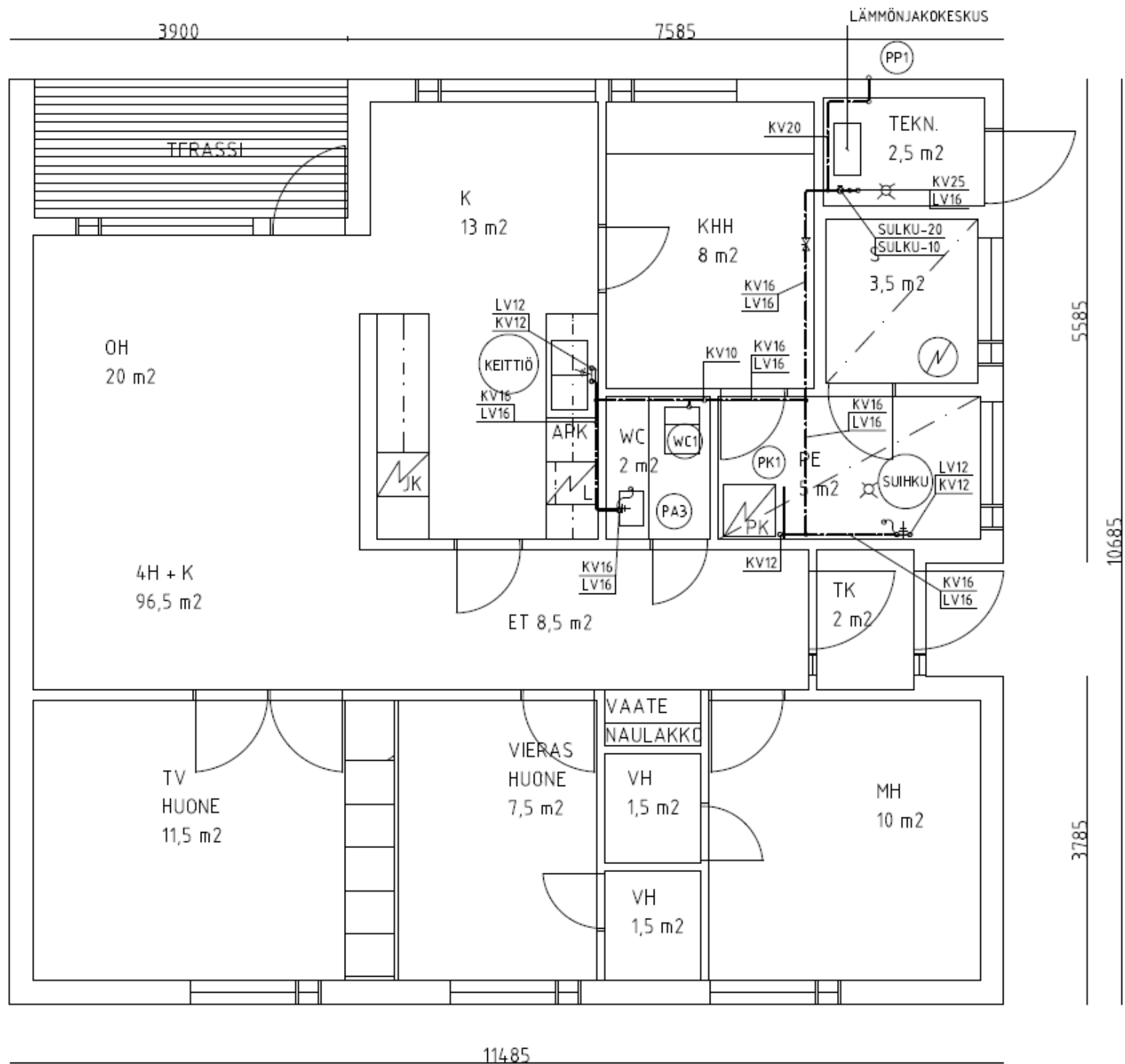
Pohjakuva

LIITE 2 Kuva rakennuksen uudesta lämmitysverkostosta



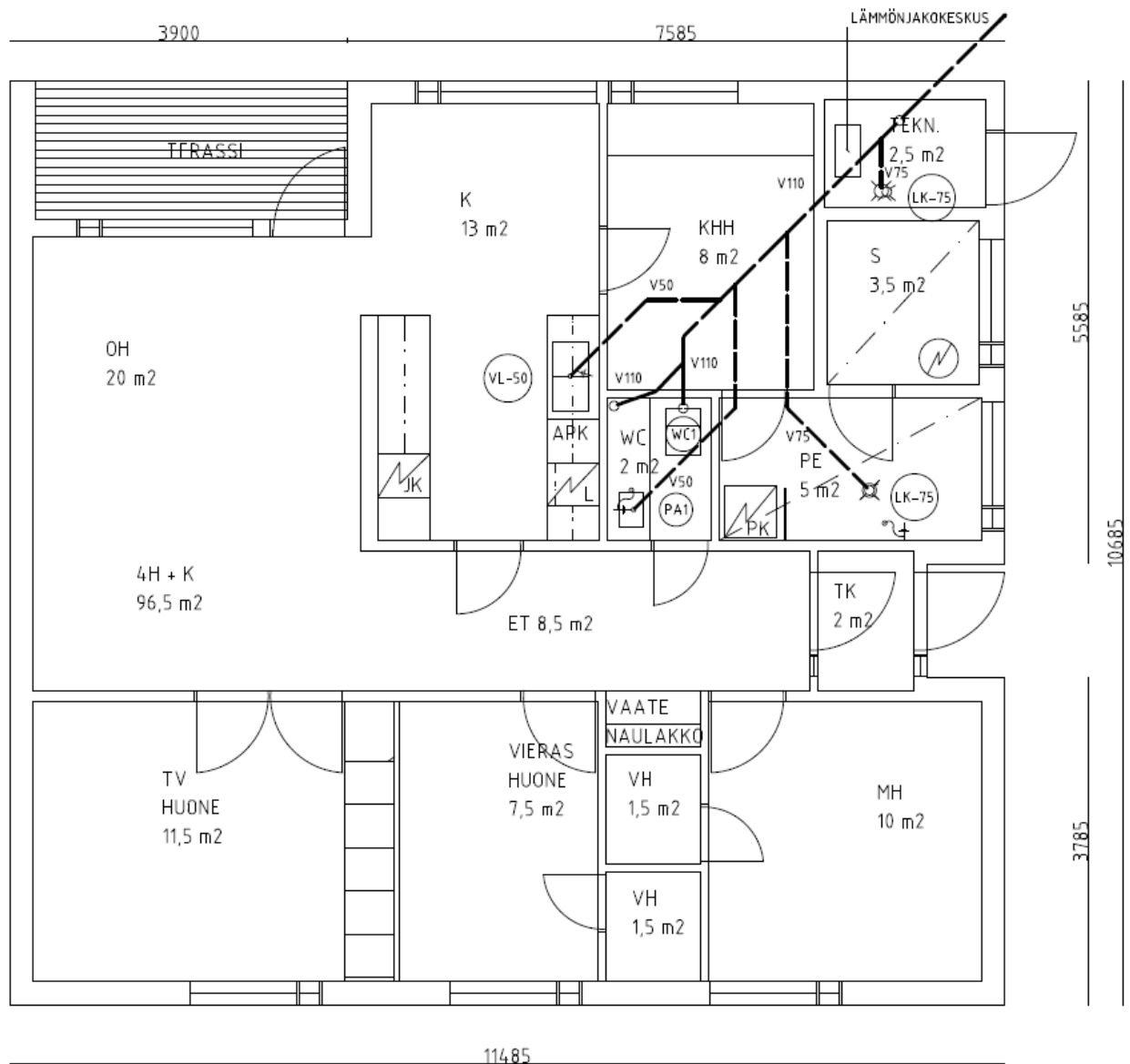
Lämmitysverkosto

LIITE 3 Kuva rakennuksen uudesta käyttövesiverkostosta



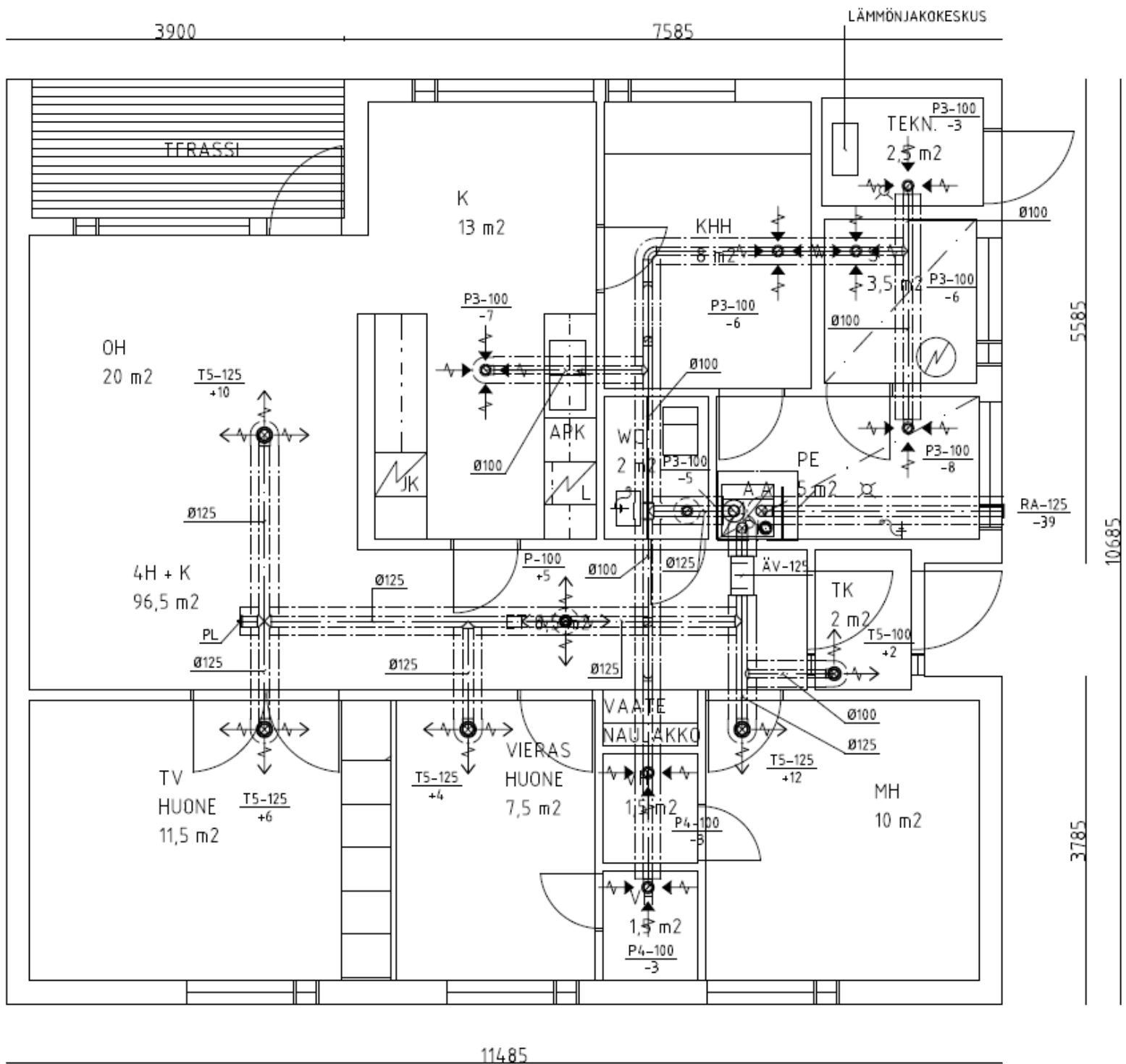
Käyttövesiverkosto

LIITE 4 Kuva rakennuksen uudesta viemäriverkostosta



Viemäriverkosto

LIITE 5 Kuva rakennuksen uudesta ilmanvaihdosta



























Ilmanvaihto

## LIITE 6 Lämmöntalteenoton laskettu lämpötilahyötysuhde

Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskentaa varten ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde ( $\eta_{a, ivkone}$ ) eri säävyöhykkeillä.					
			Mitoitus- tuloilmavirta m³/s	Mitoitus- poistoilmavirta m³/s	Käyttö- ilmavirta- kerroin
Kone	Palvelualue	Käyttötapa			
Pientalokone	Koko rakennus	Jatkuva	0,039	0,041	1
Tuloilman lämpötilasuhde yhtäsuurilla ilmavirroilla			0,80	SFS-EN 308:n mukaan	
Tuloilman lämpötilasuhde			0,82		
Poistoilman lämpötilasuhde			0,78		
Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa			0,95		
Huonelämpötila			21,0 °C		
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa			5,0 °C		
Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ( $\eta_{a, ivkone}$ )					
Säävyöhyke					
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi			69 %	100 %	
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi			66 %	95 %	
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi			59 %	86 %	
© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011)					

## Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

## LIITE 7 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	<b>Omakotitalo Struerintie 10 30100</b>																
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	<b>1977</b>																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	<b>Pientalo</b>																
Todistustunnus:																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 40%; text-align: center;">Energiatehokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="position: absolute; top: 460px; left: 580px; font-size: 0.8em;">             Uudisrakennusten määräystaso 2012           </div>			Energiatehokkuusluokka														
	Energiatehokkuusluokka																
																	
																	
																	
																	
																	
																	
																	
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right; padding-right: 20px;">Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)</td> <td style="text-align: right;"><b>166</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>vuosi</td> </tr> </table>		Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	<b>166</b>		kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi												
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	<b>166</b>																
	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Todistuksen laatija:</td> <td style="width: 50%;">Yritys:</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> </table>		Todistuksen laatija:	Yritys:														
Todistuksen laatija:	Yritys:																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">Allekirjoitus:</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> </table>		Allekirjoitus:															
Allekirjoitus:																	
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Todistuksen laatimispäivä:</td> <td style="width: 50%;">Viimeinen voimassaolopäivä:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>12.05.2016</b></td> <td style="text-align: center;"><b>12.05.2026</b></td> </tr> </table>	Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:	<b>12.05.2016</b>	<b>12.05.2026</b>													
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
<b>12.05.2016</b>	<b>12.05.2026</b>																

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).



## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	104
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö / Kaukolämpö
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 096 MC (10-80 L/s)

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Sähkö	4120	40	1.70	67.4
Kaukolämpö	14624	141	0.70	98.4
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2369	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				166

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelustaikko Erilliset pientalot  
Luokkien rajat asteikolla

A: ...94	B: 95 ... 164	C: 165 ... 204
D: 205 ... 284	E: 285 ... 414	F: 415 ... 484
G: 485 ...		
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka C		

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIAEHOVUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka

Pientalo (Erilliset pientalot)

Rakennuksen valmistumisvuosi

1977

Lämmitetty nettoala

104

m²

Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q50

2

m³/(h m²)

A

m²

U

W/(m²K)

UxA

W/K

Osuus lämpöhäviöstä

%

Ulkoseinät

99.40

0.26

25.84

29.39

Yläpohja

104.00

0.10

10.40

11.83

Alapohja

104.00

0.21

21.84

24.83

Ikkunat

14.50

1.00

14.50

16.49

Ulkiovet

5.80

1.00

5.80

6.60

Kylmäsiilat

-

-

9.56

10.87

Ikkunat ilmansuunnittain

A

m²

U

W/(m²K)

g kohtisuora-arvo

Pohjoinen

-

-

-

Itä

-

-

-

Etelä

-

-

-

Länsi

-

-

-

Koillinen

5.00

1.00

0.60

Kaakko

-

-

-

Lounas

7.50

1.00

0.60

Luode

2.00

1.00

0.60

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:

Vallox 096 MC (10-80 L/s)

Ilmavirta

tulo/poisto

(m³/s) / (m³/s)

Järjestelmän

SFP-luku

kW/(m³/s)

LTO:n

lämpötilasuhde

Jäätymisenesto

C

Pääilmanvaihtokoneet

0.042 / 0.042

2

78.2

-5.40

Erillispoistot

-

-

-

-

Ilmanvaihtojärjestelmä

0.042 / 0.042

2

-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:

69 %

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus:

Kaukolämpö / Kaukolämpö

Tuoton

hyötysuhde

Jaon ja luovutuk-

sen hyötysuhde

Lämpö-

kerroin (1)

Apulaitteiden

sähkönkäyttö (2)

kWh/(m²vuosi)

Tilojen ja iv:n lämmitys

0.94

80 %

3.10

LKV:n valmistus

0.94

85 %

0.00

(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

(2) lämpöpumppujärjestelmästä vai sisätyö lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin

Määrä

kpl

Tuotto

kWh

Varaava tulisija

Ilmalämpöpumppu

Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

-

Jäähdytysjärjestelmä

Lämmin käyttövesi

Ominaiskulutus

dm³/(m²vuosi)

Lämmitysenergian nettotarve

kWh/(m²vuosi)

Lämmin käyttövesi

600.00

35

Sisäiset lämpökuomat eri käyttöasteilla

Käyttöaste

Henkilöt

W/m²

Kuluttajalaitteet

W/m²

Valaistus

W/m²

Henkilöt ja kuluttajalaitteet

-

2.00

3.00

Valaistus

60 %

8.00

10 %

## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituksiluokka	Pientalo (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1977			
Lämmitetty nettoala, m²	104			
E-luku, kWhE/(m²vuosi)	166			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertomella painotettu energiankulutus kWhE/(m²vuosi)	
Sähkö	4120	1.70	7005	67.4
Kaukolämpö	14624	0.70	10237	98.4
YHTEENSÄ	18745		17242	165.8
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)	
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)	3.1	91.0		
Tuotilman lämmitys	6.7			
Lämpimän käyttöveden valmistus		41.2		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	7.0			
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22.8			
YHTEENSÄ	39.6	132.2	0	
(1) Ilmanvaihdon tuotilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)		
Tilojen lämmitys (2)	7572	73		
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	701	7		
Lämpimän käyttöveden valmistus	3640	35		
Jäähdytys	0	0		
(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuotilman lämpenemisen tilassa				
(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
	kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)		
Aurinko	3280	31.54		
Ihmiset	1093	10.51		
Kuluttajalaitteet	1640	15.77		
Valaistus	729	7.01		
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä	0	0.00		
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (18.05.2015)		

## LIITE 8 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt lasketaan rakennusosittain kaavalla

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

missä

$Q_{rakosa}$  on johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh

$U_i$  on rakennusosan  $i$  lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

$A_i$  on rakennusosan  $i$  pinta-ala, m<sup>2</sup>

$T_s$  on sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  on ulkoilman lämpötila, °C

$\Delta t$  on ajanjakson pituus, h

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla

$$Q_{kylmäsilto} = \sum I_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

missä

$Q_{kylmäsilto}$  on johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh

$I_k$  on viivamaisen kylmäsiltojen pituus, m

$\Psi_k$  on viivamaisen kylmäsiltojen lisäkonduktanssi, W/(m K).

Taulukko 3.1. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsillan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

Ulkoseinämateriaali	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni, maan-vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt-betoni, ryöm. tila	puu, ryöm. tila
betoni	0,08		0,04	0,00			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,00			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,00	0,11			0,09

Taulukko 3.2. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsillan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m K).

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt-betoni	kevyt-sora-betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla <sup>*)</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

<sup>\*)</sup> Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

## LIITE 9 Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Vuotoilman lämpöhäviö lasketaan kaavalla

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

missä

$Q_{vuotoilma}$  on vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$\rho_i$  on ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v,vuotoilma}$  on vuotoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_s$  on sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  on ulkoilman lämpötila, °C

$\Delta t$  on ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa}$$

missä

$q_{v,vuotoilma}$  on vuotoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$q_{50}$  on rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m<sup>3</sup> /(h m<sup>2</sup> )

$A_{vaippa}$  on rakennusvaipan pinta-ala, m<sup>2</sup>

$x$  on kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35

3600 kerroin, joka muuttaa ilmavirran m<sup>3</sup>/h yksiköstä m<sup>3</sup>/s yksikköön.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna  $q_{50}$  voidaan käyttää lämmitysenergian tarpeen laskennassa arvoa 4 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>), ellei ilmanpitävyyttä tunneta. (D5 s. 19)



## LIITE 10 Tuloilman ja korvausilman lämmitysenergian tarve

Lasku kaava on

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000$$

missä

$Q_{iv,tuloilma}$  on tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

$t_d$  on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h

$t_v$  on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk

$\rho_i$  on ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v,tulo}$  on tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_s$  on sisäilman lämpötila, °C

$T_{sp}$  on sisäänpuhalluslämpötila, °C

$\Delta t$  on ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

missä

$$Q_{iv,korvausilma}$$

$$\rho_i \text{ on ilman tiheys, } 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{pi} \text{ on ilman ominaislämpökapasiteetti, } 1000 \text{ J/(kg K)}$$

$$q_{v,korvausilma} \text{ on korvausilmavirta, m}^3/\text{s}$$

$$T_u \text{ on ulkoilman lämpötila, } ^\circ\text{C}$$

$$T_s \text{ on sisäilman lämpötila, } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \text{ on ajanjakson pituus, h}$$

$$1000 \text{ kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.}$$

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} - \sum t_d t_v q_{v,tulo}$$

missä

$q_{v,korvausilma}$  on korvausilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$t_d$  on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h

$t_v$  on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk

$q_{v,poisto}$  on poistoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$q_{v,tulo}$  on tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s.

## LIITE 11 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden kulutus saadaan kaavalla

$$V_{lkv} = V_{lkv,omin} A_{netto} \Delta t / 365$$

missä

$V_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden kulutus, m<sup>3</sup>

$V_{lkv,omin}$  on lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> vuodessa

$A_{netto}$  on rakennuksen lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup>

$\Delta t$  on ajanjakson pituus, vuorokautta

365 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi, vuorokautta/vuosi.

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia saadaan kertomalla lämpimän käyttöveden kulutus ja veden ominaisuudet. Kaava on (D5, s. 24)

$$Q_{lkv,netto} = p_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

missä

$Q_{lkv,netto}$  on lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh

$p_v$  on veden tiheys, 1000 kg/m

$c_{pv}$  on veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)

$V_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden kulutus, m<sup>3</sup>

$T_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

$T_{kv}$  on kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h.

## LIITE 12 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen energiankäyttö lasketaan kaavalla

$$W = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000}$$

missä

$W$  on valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen energiankäyttö, kWh/m<sup>2</sup>

$k$  on käyttöaste

$P$  on lämpökuorma, W/m<sup>2</sup>

$t_d$  on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h

$t_w$  on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, d.

*Taulukko 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana.*

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset <sup>a</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 <sup>b,c</sup>	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 <sup>b,c</sup>	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 <sup>c</sup>	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 <sup>c</sup>	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 <sup>c</sup>	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 <sup>c</sup>	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 <sup>c</sup>	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 <sup>c</sup>	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erillisselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

## LIITE 13 Lämpökuormat

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia voidaan laskea kaavalla

$$Q_{\text{henk}} = kn\phi_{\text{henk}}\Delta t_{\text{oleskelu}}/1000$$

missä

$Q_{\text{henk}}$  on henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

$k$  on rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa

$n$  on henkilöiden lukumäärä

$\phi_{\text{henk}}$  on yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä), W/henkilö

$\Delta t_{\text{oleskelu}}$  on oleskeluaika, h

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Yhden henkilön luovuttamana keskimääräisenä kuivana lämpötehona voidaan käyttää arvoa 85 W. (D5 s.29)



Oleskeluaika lasketaan kaavalla

$$\Delta t_{oleskelu} = \sum t_d t_v \Delta t$$

missä

$\Delta t_{oleskelu}$  on oleskeluaika, h

$t_d$  on rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhde,  
h/24 h

$t_v$  on rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhde,  
vrk/7 vrk

$\Delta t$  on laskentajakson pituus, h.

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma  $Q$  (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan kaavalla

$$Q = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000}$$

missä

$Q$  on valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma, kWh/m<sup>2</sup>

$k$  on käyttöaste

$P$  on lämpökuorma, W/m<sup>2</sup>

$t_d$  on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa, h

$t_w$  on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, d.

Se lasketaan kaavalla

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g$$

missä

$Q_{aur}$  on ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk

$G_{säteily,pystypinta}$  on pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m<sup>2</sup>kk)

$F_{läpäisy}$  on säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin,

$A_{ikk}$  ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m<sup>2</sup>

$g$  on ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin.

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimelle voidaan käyttää arvoa  $F_{läpäisy} = 0,75$ , jos varjostuksia ja pysyviä verhoja ei ole. ( D5 s. 31)

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin, G <sub>säteily, pystypinta</sub> , kWh/m <sup>2</sup>								
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,2	4,7	3,8	9,5	12,9	9,5	3,8	4,7
Helmikuu	17,3	13,8	15,6	31,0	41,4	30,9	15,6	14,0
Maaliskuu	40,3	38,1	48,5	75,1	89,5	69,4	43,7	36,9
Huhtikuu	43,9	56,3	79,9	101,1	107,3	101,6	80,6	56,8
Toukokuu	57,8	82,1	112,8	123,3	116,0	117,5	104,5	76,3
Kesäkuu	70,6	87,9	109,6	109,9	101,6	110,9	111,2	89,1
Heinäkuu	66,3	91,1	118,8	123,1	115,5	128,6	122,7	91,2
Elokuu	50,0	66,4	91,8	106,0	100,4	92,8	78,8	61,1
Syyskuu	32,9	37,5	56,5	83,9	100,5	87,3	59,3	38,1
Lokakuu	17,9	15,6	17,5	28,3	37,0	30,0	18,8	15,7
Marraskuu	7,2	5,5	5,1	12,3	16,8	12,3	5,1	5,6
Joulukuu	4,2	3,2	2,6	8,4	11,8	8,8	2,9	3,2
Koko vuosi	414,6	502,2	662,5	811,9	850,7	799,6	647,0	492,7

Muunnoskerroin  $F_{\text{suunta}}$ , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa ( $g$ ) ei tunneta, se lasketaan kaavalla

$$g = 0,9g_{kohtisuora}$$

missä

$g$  on ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin,

$g_{kohtisuora}$  on ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

*Taulukko 5.1. Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin  $g_{\text{kohtisuora}}$*

Lasitus	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus	0,85
Kaksinkertainen lasitus	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna	0,70
Eristyslasi + erillislasi	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi	0,55

## LIITE 14 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan lämmönjakojärjestelmittäin kaavalla

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}}$$

missä

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$  on tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka kate-  
taan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$  on tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka kate-  
taan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$  on laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde.

*Taulukko 6.2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja.*

Lämmitysratkaisu	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{ilät}}$ -	Sähkö $e_{\text{ilät}}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla</b>		
	0,80	2
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla</b>		
	0,85	2
<b>Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C</b>		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintatilaan rajoittuvassa rak.	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	
<b>Kattolämmitys (sähköinen)</b>		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
<b>Ikkunalämmitys (sähköinen)</b>		
	0,80	0,5
<b>Ilmanvaihtolämmitys <sup>1)</sup></b>		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
<b>Sähköpatterilämmitys</b>		
	0,95	0,5
<b>Sähköinen lattialämmitys</b>		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintatilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak	0,85	0,5
<b>Muut lämmityslaitteet</b>		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaite	0,8	0,5

<sup>1)</sup> Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.



Ilmanvaihdon lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,iv,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,iv}}}$$

missä

$Q_{\text{lämmitys,iv}}$  on ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,iv,netto}}$  on ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys,iv}}$  on laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde.

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}}$$

miss\u00e4

$Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}}$  on l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mp\u00f6energian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lkv,netto}}$  on l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mp\u00f6energian nettotarve, kWh/a

$\eta_{\text{lkv,siirto}}$  on l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden siirron hy\u00f6tysuhde.

Taulukko 6.3. Lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde.

Rakennustyyppi	$\eta_{\text{lkv, siirto}}$				
	Kierto	Ei kiertoa			
		eristämätön	suoja-putkessa	eristetty, perustaso <sup>1)</sup>	eristetty, parempi <sup>2)</sup>
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päivä-koti	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91
<sup>1)</sup> eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 0,5 D, missä D on putken halkaisija					
<sup>2)</sup> eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 1,5 D, missä D on putken halkaisija					

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus lasketaan lämmön tuottojärjestelmittäin kaavalla

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}} + Q_{\text{lämmitys,iv}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto}}}$$

missä

$Q_{\text{lämmitys}}$  on lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$  on tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,iv}}$  on ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,lkv}}$  on lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a

$\eta_{\text{tuotto}}$  on lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä.

*Taulukko 6.6. Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1.*

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/a m <sup>2</sup>
standardi öljy/kaasu	0,81 <sup>3)</sup>	0,99 <sup>1)</sup> 0,59 <sup>2)</sup>
kondenssi öljy	0,87 <sup>3)</sup>	1,07
kondenssi kaasu	0,92 <sup>3)</sup>	0,68
pellettikattila	0,75 <sup>3)</sup>	0,77
puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
sähkökattila	0,88 <sup>3)</sup>	0,02
kaukolämpö	0,94	0,60
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

<sup>1)</sup> öljy

<sup>2)</sup> kaasu

<sup>3)</sup> Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

## Liite 15. Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus

Puhaltimien tai ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus lasketaan kaavalla

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP q_v \Delta t$$

missä

$W_{ilmanvaihto}$  on ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh

$SFP$  on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$q_v$  on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$\Delta t$  on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h.